

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA ACADÊMICA – PRAC  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL  
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

*Antônio Augusto Costa de Azevedo*

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO SIMPLES E  
ARMADO NO COMPORTAMENTO COMPRESSIVO DE PRISMAS E PAREDINHAS DE  
BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO**

**Recife  
2010**

*Antônio Augusto Costa de Azevedo*

**AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO  
SIMPLES E ARMADO NO COMPORTAMENTO COMPRESSIVO DE  
PRISMAS E PAREDINHAS DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil

**Orientador** : Prof. Dr. Romilde Almeida de Oliveira  
**Co-orientador** : Prof. Dr. Fernando Artur Nogueira Silva

**Recife  
2010**

A994a

Azevedo, Antônio Augusto Costa de

Avaliação comparativa da influência do revestimento simples e armado no comportamento compressivo de prismas e paredinhas de blocos cerâmicos de vedação / Antônio Augusto Costa de Azevedo ; orientador Romilde Almeida de Oliveira ; co-orientador Fernando Artur Nogueira Silva.

2010

109 f.: il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco.  
Pró-reitoria Acadêmica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2010,

1. Blocos (Materiais de construção). 2. Alvenaria. 3. Argamassa. 4. Construção civil.  
I. Título.

CDU 691

# **AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA INFLUÊNCIA DO REVESTIMENTO SIMPLES E ARMADO NO COMPORTAMENTO COMPRESSIVO DE PRISMAS E PAREDINHAS DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO**

**Antônio Augusto Costa de Azevedo**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil na área de Concentração em Engenharia das Construções.

Aprovado por:

---

Prof. Dr. Romilde Almeida de Oliveira,  
Orientador - UNICAP

---

Prof. Dr. Fernando Artur Nogueira Silva  
Co-Orientador - UNICAP

---

Prof. Dr. Joaquim Teodoro Romão de Oliveira  
Examinador Interno - UNICAP

---

Prof. Dr. Guilherme Parsekian  
Examinador Externo – UFScar

**Recife / Pernambuco / Brasil  
Outubro de 2010**

Dedico este trabalho:

A meu Rei Jesus Cristo, minha esposa,  
minha mãe, família da fé e meus familiares.

## AGRADECIMENTOS

Jesus tu és TUDO pra mim. “Buscai, pois, em primeiro lugar o seu Reino e a sua justiça, e todas estas coisas vos serão acrescentadas” Mateus 6:33.

A minha esposa, companheira, amiga, que mesmo recém casados, teve a paciência de estar junto comigo em todas as etapas desta pesquisa.

A minha mãe, minha heroína, que esse título é fruto do esforço árduo de uma mãe.

Ao Professor- orientador, Romilde Almeida de Oliveira, que me orienta há seis anos (quatro de iniciação científica e dois no mestrado), obrigado pela contribuição e disponibilidade.

Ao meu pai e irmãos da fé, em especial Paulo Santiago, que me deu apoio baseado na palavra de Deus que é meu suporte e minha razão de estar vivo.

Ao meu amigo, co-orientador, Professor Fernando Artur, posso contar com ele em todas as horas. Colaborador desde a iniciação científica que deu início a esta pesquisa, até o produto final – Mestre em Engenharia Civil.

À Fortequip (Dr. Marcus Rufino, Fabio Rufino, Marcus Filho, Cícero Cláudio, Ana Rosa entre outros) empresa na qual presto consultoria, que teve paciência de esperar todo esse tempo. Me ajudando e apoiando durante este período, graças a Deus que encontrei verdadeiros parceiros.

Ao laboratorista Washington Esposito e André Miranda por me ajudar nos ensaios.

Aos Laboratoristas do ITEP, Marcos, Diogo e André.

Aos Professores da Pós-graduação de Engenharia Civil e, especialmente, a Joaquim Oliveira.

Aos meus amigos do curso do mestrado: Célio, Wellington e aos demais colegas.

À Universidade Católica de Pernambuco, que me proporcionou todo o aprendizado profissional, desde o esporte, Prof. Dr. Raul Siqueira e Prof. Dr. Fernando Lapa, até a Reitoria Padre Pedro Rubens e a ex-Pró Reitora Prof. Fátima Brekenfeld.

Ao ITEP – Instituto Tecnológico de Pernambuco, na pessoa do Professor Carlos Welligton por disponibilizar as instalações dos laboratórios para realizações dos ensaios dos prismas e argamassas.

Ao CNPq – Conselho nacional de pesquisa, pelo apoio financeiro durante três meses e à CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro durante quinze meses.

AZEVEDO, A. A. C. Avaliação comparativa da influência do revestimento simples e armado no comportamento compressivo de prismas e paredinhas de blocos cerâmicos de vedação. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UNICAP, 2010.

## RESUMO

No Nordeste do Brasil, podem-se encontrar milhares de construções em alvenaria de quatro andares feitas com blocos cerâmicos de vedação com finalidade estrutural em construções residenciais multifamiliares de alvenaria, e, nos últimos anos, algumas ruíram causando mortes. Depois destes acidentes, várias restrições foram impostas para o uso desta técnica construtiva e hoje não se pode utilizar este tipo de bloco em paredes estruturais em vários estados do Nordeste do Brasil. Por outro lado, há um grande número de construções existentes que demandam trabalhos de recuperação para garantir adequadas condições de segurança aos habitantes. A presente dissertação resultou de um programa experimental de ensaios em prismas de dois e três blocos cerâmicos de vedação com e sem a adição de revestimento de argamassa resistente, totalizando 195 prismas. Adicionalmente, foi também considerada a ligação entre as capas de revestimento de argamassa reforçada através da instalação de conectores de aço. Os prismas foram submetidos a carregamento compressivo e todos eles tiveram o controle de deformação em cada face com um deflectômetro. Os ensaios foram realizados em máquinas servo-controladas de forma que se obteve informações a cerca do comportamento dos prismas. Os resultados obtidos foram comparados com uma pesquisa anterior realizada nas mesmas condições de carga com a utilização dos mesmos blocos e argamassas de revestimento realizadas em paredinhas. Os resultados indicam um incremento tanto na capacidade de carga compressiva dos prismas com revestimento quanto nos que utilizam revestimentos à base de argamassa armada, não obedecendo às especificações de argamassa armada estrutural convencional. As relações de carga de prismas/paredinha e prismas de dois blocos/prismas de três blocos foram satisfatórias.

Palavras-Chave: Prismas, alvenaria, argamassa armada e paredinhas.

AZEVEDO, A. A. C. Comparative analyse of the influence of reinforced and un-reinforced mortar on the compressive behavior of prisms and small walls made with non-structural clay bricks. Master Dissertation. Civil Engineering Pos-Graduate Programl, UNICAP, 2010.

## **ABSTRACT**

In Brazil, one can find thousands of four storey masonry buildings made with clay units. Some of these building collapsed causing human deaths. After these accidents, several restrictions were imposed for the use of this building technique and now one can not use non-structural bricks in such buildings. Moreover, there are a large number of existing buildings that demand retrofit works to ensure adequate security to the owners. The present work resulted from an experimental program that studied the behavior of prisms made with two and three clay bricks with and without the addition of reinforced mortar. Additionally, it was also considered the link between the layers of the reinforced mortar through the installation of steel connectors. The prisms were subjected to compressive loading and their strains were measured on each side of the specimen using a displacement measure device. The tests were performed in a servo-controlled machine in order to obtain information about the behavior of the prisms before and after the peak load. The results were compared with a previous study in the same load conditions using the same bricks and mortar in small walls specimens which showed a good correlation.

Keywords: Prisms, masonry, reinforced mortar, small masonry walls



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Prismas de blocos de concreto com revestimento.....	12
Figura 2.2 - Prismas de três blocos cerâmicos com e sem revestimento .....	12
Figura 2.3 -Prismas de blocos cerâmicos sem revestimento: evolução da ruptura .....	15
Figura 2.4 - Prismas de blocos cerâmicos com revestimento: evolução da ruptura .....	15
Figura 2.5 - Prismas de blocos cerâmicos com revestimento: ruptura por cisalhamento .....	16
Figura 2.6 - Prismas de blocos cerâmicos com revestimento e tela .....	16
Figura 2.7 - Prismas de blocos cerâmicos com reforço de argamassa armada com conectores .....	16
Figura 2.8 - Ruptura por falência dos septos.....	19
Figura 2.9 - Ruptura dos prismas de blocos de concreto sem revestimento.....	21
Figura 2.10 - Ruptura dos prismas de blocos de concreto com revestimento e sem tela .....	21
Figura 2.11 - Ruptura dos prismas com revestimento, com tela .....	22
Figura 2.12 - Ruptura dos prismas com revestimento, com tela e conectores.....	22
Figura 2.13 - Ruptura dos prismas com reforço de argamassa armada .....	22
Figura 3.1 - Locais para medições (Fonte: NBR 15270-3).....	35
Figura 3.2 - Medidas das dimensões.....	36
Figura 3.3 - Locais de medidas dos septos (fonte: NBR 15270-3).....	36
Figura 3.4 - Medição dos septos .....	37
Figura 3.5 - Locais para medição dos desvios (fonte: NBR 15270-3).....	37
Figura 3.6 - Medição dos desvios.....	38
Figura 3.7 - Locais de medição da planeza (fonte: NBR15270-3).....	38
Figura 3.8 - Medição da planeza das faces.....	39

Figura 3.9 - Pesagem para obtenção da massa seca .....	40
Figura 3.10 - Corpos-de-prova submersos .....	41
Figura 3.11 - Obtenção do peso úmido .....	41
Figura 3.12 - Esquema para determinação do IRA (fonte: NBR15270-3) .....	42
Figura 3.13 - Eixo de aplicação da carga (Fonte: NBR15270-3) .....	44
Figura 3.14 - Corpo-de-prova antes do ensaio .....	45
Figura 3.15 - Corpo-de-prova após o ensaio .....	45
Figura 3.16 - Exemplo de peneira .....	47
Figura 3.17 – Seqüência de peneiras .....	47
Figura 3.18 - Areia separada por tamanho dos grãos .....	47
Figura 3.19 - Frasco de Chapman .....	48
Figura 3.20 - Avaliação da consistência .....	54
Figura 3.21 - Moldagem e ruptura das argamassas .....	56
Figura 3.22 - Esquema do ensaio de ruptura (Fonte: Andrade, 2007) .....	56
Figura 3.23 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral .....	59
Figura 3.24 - Argamassa de assentamento com 1 cm de espessura .....	61
Figura 3.25 - Aplicação do chapisco .....	63
Figura 3.26 -Aplicação da camada de revestimento .....	64
Figura 3.27 - Prismas com conectores e telas de reforço .....	65
Figura 3.28 - Capeamento e pintura dos prismas .....	66
Figura 3.29 - Placa de apoio superior .....	66
Figura 3.30 - Placa de apoio inferior .....	67
Figura 3.31 - Prismas com base de apoio dos deflectômetros colada .....	67

Figura 3.32 - Laboratório de Tecnologia Habitacional do ITEP e seu anexo .....	68
Figura 3.33 - Planta do laboratório .....	69
Figura 3.34 - Pórtico de reação .....	70
Figura 3.35 - Esquema de posicionamento dos prismas.....	70
Figura 3.36 - Carrinho de transporte .....	71
Figura 3.37 - Macacos utilizados na aplicação de carga.....	71
Figura 3.38 - Gabinete de acionamento dos macacos.....	72
Figura 3.39 – LVDT .....	73
Figura 3.40 - Deflectômetro .....	73
Figura 3.41 - Ruptura do prisma 2 blocos sem revestimento .....	93
Figura 3.42 - Ruptura do prisma 2 blocos traço 1:2:9 revestimento 3 cm.....	93
Figura 3.43 - Ruptura do prisma 2 blocos traço 1:1:6 revestimento 3 cm.....	94
Figura 3.44 - Ruptura do prisma 2 blocos traço 1:1:6 revestimento 3cm com reforço .....	94
Figura 3.45 - Ruptura do prisma sem revestimento .....	95
Figura 3.46 - Ruptura do prisma chapiscado.....	95
Figura 3.47 - Ruptura do prisma traço 1:2:9 revestimento 3 cm .....	95
Figura 3.48 - Ruptura do prisma traço 1:1:6 revestimento 3,0cm .....	96
Figura 3.49 - Ruptura do prisma traço 1:0,5:4,5 revestimento 3,0 cm .....	96
Figura 3.50 - Ruptura do prisma traço 1:2:9 revestimento 1,5cm com reforço .....	97
Figura 3.51 - Ruptura do prisma traço 1:2:9 revestimento 3 cm com reforço .....	97
Figura 3.52 - Ruptura do prisma traço 1:1:6 revestimento 3,0 cm com reforço .....	97

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 - Resultado dos prismas da pesquisa de MOTA, 2006.....	6
Gráfico 2.2 - Cargas de ruptura dos prismas de blocos de concreto, Araújo Neto (2006) .....	8
Gráfico 2.3 - Carga de ruptura dos prismas de blocos cerâmicos.....	17
Gráfico 2.4 - Carga de ruptura dos prismas de blocos de concreto .....	20
Gráfico 3.1 - Curva granulométrica do agregado miúdo.....	52
Gráfico 3.2 - Valores médios de resistência à compressão axial .....	58
Gráfico 3.3 - Valores médios de resistência à tração por compressão diametral .....	60
Gráfico 3.4 - Prismas não revestidos – 2 blocos .....	74
Gráfico 3.5 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:2:9 – 2 blocos .....	75
Gráfico 3.6 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:1:6 – 2 blocos .....	76
Gráfico 3.7 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:1:6 com reforço – 2 blocos .....	77
Gráfico 3.8 - Prismas não revestidos – 3 blocos .....	78
Gráfico 3.9 - Prismas chapiscado – 3 blocos .....	79
Gráfico 3.10 - Prismas com revestimento 1,5 cm e traço 1:2:9 – 3 blocos .....	80
Gráfico 3.11 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:2:9 – 3 blocos .....	81
Gráfico 3.12 - Prismas com revestimento 3cm e traço 1:1:6 – 3 blocos .....	82
Gráfico 3.13 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:0,5:4,5 – 3 blocos .....	83
Gráfico 3.14 - Prismas com revestimento 1,5 cm e traço 1:2:9 com reforço – 3 blocos .....	84
Gráfico 3.15 - Prismas com revestimento 3cm e traço 1:2:9 com reforço – 3 blocos .....	85
Gráfico 3.16 - Prismas com revestimento 3cm e traço 1:1:6 com reforço – 3 blocos .....	86
Gráfico 3.17 - Comparativo de prismas de 2 blocos.....	87

Gráfico 3.18 - Carga x Deslocamento dos prismas de 2 blocos.....	98
Gráfico 3.19 - Carga x Deslocamento dos prismas de 3 blocos.....	98
Gráfico 4.1 Deslocamento prisma sem revestimento - 2 blocos .....	103
Gráfico 4.2 - Deslocamento prisma sem revestimento - 3 blocos .....	103
Gráfico 4.3 - Deslocamento prisma chapiscado - 3 blocos .....	104
Gráfico 4.4 - Deslocamento prisma c/ revest. 1,5cm traço 1:2:9 - 3 blocos .....	104
Gráfico 4.5 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:2:9 - 2 blocos .....	105
Gráfico 4.6 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:2:9 - 3 blocos .....	105
Gráfico 4.7 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:1:6 - 2 blocos .....	106
Gráfico 4.8 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:1:6 - 3 blocos .....	106
Gráfico 4.9 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:0,5:4,5 - 3 blocos .....	107
Gráfico 4.10 - Deslocamento prisma c/ revest. 1,5cm traço 1:2:9 com reforço - 3 blocos ..	107
Gráfico 4.11 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:2:9 com reforço - 3 blocos .....	108
Gráfico 4.12 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:1:6 com reforço - 3 blocos .....	108
Gráfico 4.13 - Deformação prisma c/ revest. 3cm traço 1:1:6 com reforço - 2 blocos.....	109

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Resultado dos prismas da pesquisa de MOTA, 2006. ....	6
Tabela 2.2 - Resultados dos prismas da pesquisa de ARAÚJO NETO, 2006. ....	7
Tabela 2.3 - Características geométricas dos blocos cerâmicos.....	9
Tabela 2.4 - Características geométricas dos blocos de concreto .....	10
Tabela 2.5 - Características da areia natural utilizada.....	10
Tabela 2.6 – Caracterização da argamassa de traço 1:1:6 .....	11
Tabela 2.7 - Cargas de ruptura dos prismas de blocos cerâmicos.....	17
Tabela 2.8 - Carga de ruptura dos prismas de blocos de concreto.....	20
Tabela 2.9 - Comparação entre o bloco de concreto e o bloco cerâmico .....	24
Tabela 2.10 - Prismas da pesquisa de OLIVEIRA e AZEVEDO, 2006.....	26
Tabela 2.11 - Relações entre as cargas de ruptura de prismas e blocos.....	27
Tabela 2.12 - Características geométricas dos blocos cerâmicos ensaiados .....	32
Tabela 2.13 - Cargas de ruptura das paredinhas .....	32
Tabela 3.1 - Caracterização geométrica dos blocos cerâmicos .....	39
Tabela 3.2 - Caracterização física.....	43
Tabela 3.3 - Características mecânicas.....	45
Tabela 3.4 - Granulometria do agregado miúdo - NBR NM 248:2003.....	51
Tabela 3.5 - Argamassas estudadas .....	54
Tabela 3.6 - Valores dos índices de consistência.....	55
Tabela 3.7 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:1:6.....	57
Tabela 3.8 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:3.....	57
Tabela 3.9 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:0,5:4,5.....	57
Tabela 3.10 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:2:9.....	58

Tabela 3.11 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral traço 1:1:6 .....	59
Tabela 3.12 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral traço 1:3 .....	59
Tabela 3.13 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral traço 1:0,5:4,5 .....	60
Tabela 3.14 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral traço 1:2:9 .....	60
Tabela 3.15 - Sistemas construtivos dos prismas.....	63
Tabela 3.16 - Resultados dos prismas não revestidos – 2 blocos.....	74
Tabela 3.17 - Resultados dos prismas revestimento 3cm traço 1:2:9 – 2 blocos .....	75
Tabela 3.18 - Resultados dos prismas revestimento 3cm traço 1:1:6 – 2 blocos .....	76
Tabela 3.19 - Resultados dos prismas revestimento 3cm traço 1:1:6 com reforço – 2 blocos .....	77
Tabela 3.20 - Resultados dos prismas não revestidos – 3 blocos.....	78
Tabela 3.21 - Resultados dos prismas chapiscado – 3 blocos.....	79
Tabela 3.22 – Resultados dos prismas com revestimento 1,5 cm e traço 1:2:9 – 3 blocos.....	80
Tabela 3.23 – Resultados dos prismas com revestimento 3cm e traço 1:2:9 – 3 blocos.....	81
Tabela 3.24 – Resultados dos prismas com revestimento 3 cm e traço 1:1:6 – 3 blocos.....	82
Tabela 3.25 – Resultados dos prismas com revestimento 3cm e traço 1:0,5:4,5 – 3 blocos.....	83
Tabela 3.26 – Resultados prismas c/ revestimento 1,5 cm e traço 1:2:9 c/ reforço – 3 blocos .....	84
Tabela 3.27 – Resultados prismas c/ revestimento 3 cm e traço 1:2:9 com reforço – 3 blocos .....	85
Tabela 3.28 – Resultados prismas com revestimento 3 cm e traço 1:1:6 com reforço – 3 blocos .....	86
Tabela 3.29 - Resultados comparativos de prismas de 2 blocos .....	87
Tabela 3.30 - Resultados comparativos de prisma com 3 blocos .....	88
Tabela 3.31 – Cargas de ruptura - Prismas de 3 blocos e paredinhas.....	90
Tabela 3.32 - Cargas de ruptura prismas 2 blocos / paredinhas .....	91
Tabela 3.33 - Relações de carga dos prismas.....	91

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Resumo dos resultados de caracterização .....	52
Quadro 3.2 - Valores médios de caracterização do cimento.....	53
Quadro 3.3 - Valores médios de caracterização da cal.....	53



**LISTA DE EQUAÇÕES**

Equação 3.1.....	41
Equação 3.2.....	43
Equação 3.3.....	48
Equação 3.4.....	49
Equação 3.5.....	50
Equação 3.6.....	50
Equação 3.7.....	51
Equação 3.8.....	92

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
LISTA DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE QUADROS .....	xv
LISTA DE EQUAÇÕES .....	xvi
SUMÁRIO.....	xvii
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Considerações iniciais .....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia .....	2
1.4 Estrutura da dissertação .....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Estudos sobre prismas .....	5
2.2.1 Trabalho desenvolvido por MOTA (2006) .....	5
2.2.2 Trabalho desenvolvido por ARAÚJO NETO (2006) .....	7

2.2.3 Trabalho desenvolvido por OLIVEIRA, R. A., SILVA, F. A. N. e AZEVÊDO, A. A. C. de (2009) .....	9
2.2.4 Trabalho desenvolvido por OLIVEIRA e AZEVÊDO (2006) .....	25
2.2.5 Relação de prisma / bloco .....	26
2.2.6 Considerações sobre do estudo experimental dos prismas .....	27
2.2.7 Trabalho realizado por HANAI e OLIVEIRA (2002).....	29
2.3 Estudo sobre paredinhas .....	31
2.3.1 Trabalho desenvolvido por ANDRADE, Samá Tavares de (2007) .....	31
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL REALIZADO.....	34
3.1 Blocos cerâmicos.....	34
3.1.1 Características geométricas .....	35
3.1.2 Características físicas .....	40
3.1.3 Características mecânicas .....	43
3.2 Agregado miúdo .....	46
3.2.1 Determinação da composição Granulométrica .....	46
3.2.2 Determinação da massa específica .....	48
3.2.3 Determinação do teor de materiais finos.....	49
3.2.4 Teor de argila em torrões .....	49
3.2.5 Ensaio de massa unitária .....	50
3.2.6 Inchamento do agregado miúdo.....	50
3.3 Cimento Portland .....	52
3.4 Cal Hidratada .....	53

3.5 Argamassas de chapisco, assentamento e revestimento .....	54
3.5.1 Argamassas no estado fresco .....	54
3.5.2 Argamassas no estado endurecido .....	55
3.6 Execução dos prismas .....	61
3.7 Descrição das Instalações e equipamentos .....	67
3.8 Resultados de resistência à compressão dos prismas .....	74
3.9 Gráfico carga x deslocamento .....	98
4 Conclusões .....	100
REFERÊNCIAS .....	101
APÊNDICE .....	103

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

A alvenaria é uma das mais antigas formas de construção utilizada pelo homem para erigir habitações, templos religiosos e até monumentos. Os povos antigos já utilizavam as primeiras técnicas de construção em alvenaria para fazerem os seus abrigos.

No século XIX, as construções erguidas eram baseadas em conhecimentos adquiridos ao longo do tempo. Casarões e sobrados construídos nessa época são exemplos da utilização desses conhecimentos.

Com início do século XX, iniciou-se também uma revolução no que se diz respeito a construções em alvenaria, juntamente com o concreto armado e o aço estrutural. Com estes novos materiais surgiram novas técnicas, com embasamento científico que possibilita a construção de obras de maior porte, alvenarias mais aprimoradas e arrojadas.

Os primeiros prédios em alvenaria armada no Brasil foram construídos em São Paulo, no conjunto Habitacional “Central Parque da Lapa”, em 1966, com 4 pavimentos, apresentavam blocos de concreto com 19 cm de espessura. Em 1972, foram construídos quatro edifícios de 12 (doze) pavimentos no mesmo conjunto. O desenvolvimento da alvenaria estrutural tem se dado de maneira lenta e reservada. Isso tem ocorrido não obstante o seu caráter econômico, especialmente associado ao fato de se utilizarem às paredes não apenas como elementos de vedação, mas também, como elementos portantes.

Por muitos anos a alvenaria estrutural foi pouco utilizada devido a preconceito, maior domínio da tecnologia do concreto armado por partes dos construtores e projetistas e pouca divulgação do assunto nas universidades durante o processo de formação do profissional (ACETTI, (1998)).

A partir de 1960, na Região Metropolitana do Recife, foram construídos prédios de até quatro pavimentos com blocos de vedação tendo, no entanto, função

estrutural. Existem aproximadamente 6.000 unidades desses prédios, denominadas “tipo caixa” (onde o painel de alvenaria é executado um sobre o outro e é o responsável pela estabilidade da edificação, ou seja, destina-se a absorver o seu peso próprio, as cargas provenientes das lajes e ações externas). Foram projetadas segundo modelos empíricos e muitas vezes executadas apenas com a prática construtiva, onde elementos estruturais fundamentais foram sacrificados para minimizar custos, com prejuízos da segurança da estrutura. Um exemplo disto foram as eliminações de cintas, pilares e de outros elementos de concreto armado tais como vergas e contravergas que são usados com intuito de fornecer maior rigidez à estrutura, evitando a ruptura brusca e o colapso progressivo da edificação.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral desta dissertação foi de realizar uma abordagem comparativa entre o comportamento de prismas e paredinhas (ANDRADE, 2009) constituídas de blocos cerâmicos de vedação quando solicitados com carga compressiva no seu próprio plano. Esta abordagem deve realçar as diferenças de comportamento observadas com análise crítica de suas origens e repercussões.

O objetivo específico da pesquisa foi de realizar ensaios em prismas de dois e três blocos cerâmicos de vedação solicitados por carga compressiva e avaliar a diferença de comportamento entre ambos oferecendo uma visão crítica das origens das mesmas.

## **1.3 Metodologia**

Devido ao estudo anteriormente realizado, de paredinhas, foram executados 135 prismas com três blocos e 60 com dois blocos, utilizando 15 exemplares de cada tipo. São eles:

- Com três blocos

- Prismas sem revestimento
- Prismas com chapisco de traço 1:3 (cimento: areia)
- Prismas com revestimento de 1,5 cm e 3,0 cm de traço 1:2:9 (cimento:cal:areia)
- Prismas com revestimento de 3,0 cm de traço 1:1: 6
- Prismas com revestimento de 1,5 cm e 3,0 cm de traço 1:2: 9, reforçados com malha POP de dimensões 10x10 cm e diâmetro 4,2 mm
- Prismas com revestimento de 3,0 cm de traço 1:1: 6 reforçados com malha POP de dimensões 10x10 cm e diâmetro 4,2 mm

- Com dois blocos

- Prismas sem revestimento
- Prismas com revestimento de 3,0 cm de traço 1:2: 9 (cimento:cal:areia)
- Prismas com revestimento de 3,0 cm de traço 1:1: 6
- Prismas com revestimento de 3,0 cm de traço 1:1: 6 reforçados com malha POP de dimensões 10x10 cm e diâmetro 4,2 mm

Na confecção dos prismas foi utilizado material que se aproximasse ao máximo aos materiais empregados nas construções dos edifícios. Foram utilizadas quinze réplicas a fim de se obter uma significação estatística de 95% (Araújo Neto, 2006).

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

- CAPITULO 1 – Introdução – Apresenta considerações iniciais, objetivos, descrição da metodologia empregada e a estrutura da dissertação.
- CAPITULO 2 – Revisão Bibliográfica – Revisões sobre estudos de prismas e paredinhas.

- CAPITULO 3 – Programa Experimental Realizado - Caracterização dos materiais, componentes e prismas – Neste capítulo constam todos os experimentos realizados para caracterização dos materiais, a forma de execução dos prismas, os equipamentos utilizados, bem como a descrição da estrutura do laboratório onde foram desenvolvidos os ensaios dos prismas e apresentação da análise dos resultados obtidos nos ensaios e algumas observações pertinentes.
- CAPITULO 4 – Conclusões e sugestões – São apresentadas as conclusões e efetuadas sugestões para futuras pesquisas.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Introdução

### 2.2 Estudos sobre prismas

O trabalho realizado se insere numa linha de pesquisa mais abrangente que vem sendo desenvolvida há aproximadamente cinco anos na Universidade Católica de Pernambuco e que investiga modelos de recuperação de obras em alvenaria resistente. Alguns resultados desta pesquisa estão resumidos abaixo:

#### 2.2.1 Trabalho desenvolvido por MOTA (2006)

Em sua pesquisa de mestrado, estudos iniciais sobre prismas de blocos cerâmicos onde foram registrados. Pela primeira vez, foram abordadas as formas de ruptura e influência das argamassas de revestimento. Estudou esta influência na resistência à compressão axial em prismas de alvenaria resistente de blocos cerâmicos, utilizando blocos cerâmicos vazados assentados com furos na horizontal, de dimensões 9x19x19 cm e resistência de 2,85 MPa. Foram ensaiados prismas buscando estabelecer conhecimento necessário do comportamento e intensidade da contribuição do revestimento a essa propriedade mecânica, que se mostra de extrema relevância para a estabilidade da edificação. Os resultados obtidos estão dispostos no Gráfico 2.1 e na Tabela 2.1 seguintes.

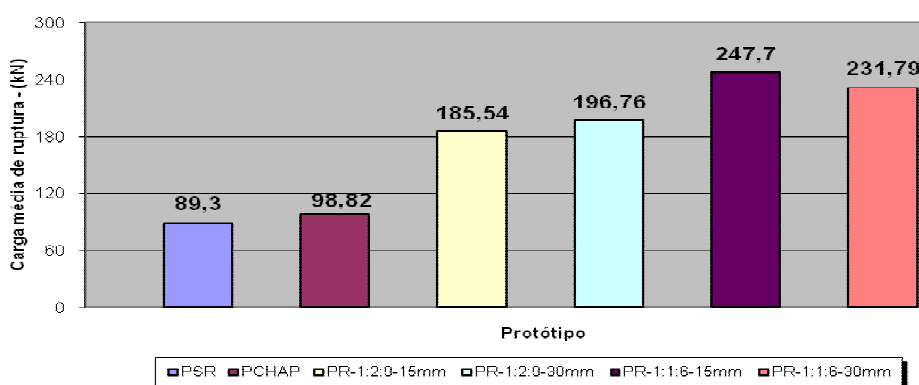


Gráfico 2.1 - Resultado dos prismas da pesquisa de MOTA, 2006

Tabela 2.1 - Resultado dos prismas da pesquisa de MOTA, 2006.

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de dispersão	
		Desvio Padrão (kN)	COV (%)
Sem revestimento	32,95	4,51	13,69
Com chapisco	43,35	8,08	18,64
Revestimento 1:2:9, espessura 1,5 cm	98,55	10,23	10,38
Revestimento 1:2:9, espessura 3,0 cm	116,94	18,42	15,75
Revestimento 1:1:6, espessura 1,5 cm	126,55	19,70	15,57
Revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm	143,21	24,8	17,34

O exame dos resultados obtidos nesta nova série de ensaios de prismas de blocos cerâmicos permite as seguintes observações:

- Quando se compara o prisma sem revestimento com o prisma revestido unicamente com chapisco, observa-se um incremento de aproximadamente 11% em sua capacidade de carga. Valor inferior ao que foi observado nos prismas de blocos cerâmicos;
- Quando se compara os prismas sem revestimento com os prismas revestidos com argamassa com espessura de 15 mm, foi possível observar um incremento na capacidade de carga do mesmo de aproximadamente 177 % para a argamassa forte (1:1:6) e 108 % para a argamassa fraca (1:2:9). Estes incrementos também são menores do que aqueles obtidos com os prismas de blocos cerâmicos;
- Quando se compara os prismas sem revestimento com os prismas revestidos com argamassa com espessura de 30 mm, foi possível observar um

incremento na capacidade de carga do mesmo de aproximadamente 159 % para a argamassa forte (1:1:6) e 120 % para a argamassa fraca (1:2:9).

### 2.2.2 Trabalho desenvolvido por ARAÚJO NETO (2006)

ARAÚJO NETO, em sua dissertação de mestrado, estudou a influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto. Realizou os ensaios em prismas com 3 blocos alinhados, onde foram realizadas 6 amostras com 15 réplicas cada. Para minimizar os efeitos de outras variáveis, todos os prismas foram confeccionados sob as mesmas condições com materiais idênticos. Os blocos utilizados foram de dimensões 9x19x39cm e resistência média à compressão de 3,10 MPa. As amostras foram constituídas de: blocos nus, blocos com chapisco, blocos com chapisco e argamassa com espessuras 1,5 cm e 3,0 cm e traços 1:2:9 (fraco) e 1:1:6 (médio). Os materiais usados na confecção dos prismas foram ensaiados para definição de suas características. Todos os prismas foram rompidos em prensa hidráulica para definição das respectivas resistências à compressão axial e os resultados, posteriormente, tratados estatisticamente, estão apresentados na Tabela 2.2 e no Gráfico 2.2 seguintes.

Tabela 2.2 - Resultados dos prismas da pesquisa de ARAÚJO NETO, 2006.

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de dispersão	
		Desvio. Padrão (kN)	COV(%)
Sem revestimento	89,30	14,53	16,28
Com chapisco	98,82	21,30	21,55
Revestimento 1:2:9, espessura 1,5 cm	185,54	15,86	8,55
Revestimento 1:2:9, espessura 3,0 cm	196,76	16,07	8,17
Revestimento 1:1:6, espessura 1,5 cm	247,70	26,88	10,85
Revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm	231,79	28,62	12,35

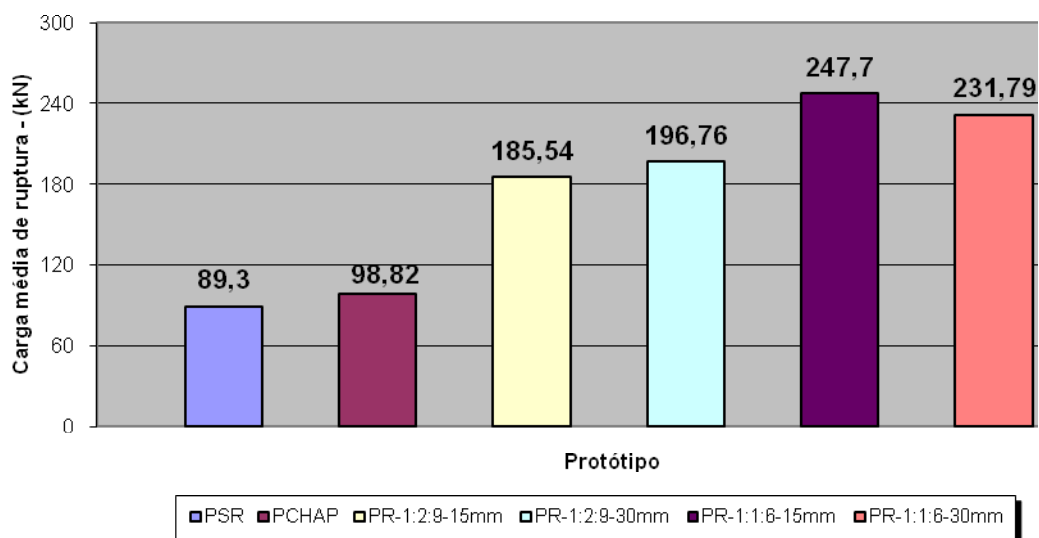


Gráfico 2.2 - Cargas de ruptura dos prismas de blocos de concreto, Araújo Neto (2006)

O exame dos resultados obtidos nesta nova série de ensaios de prismas de blocos de concreto permite as seguintes observações:

- Quando se compara o prisma sem revestimento com o prisma revestido unicamente com chapisco, observa-se um incremento de aproximadamente 11 % em sua capacidade de carga. Valor inferior ao que foi observado nos prismas de blocos cerâmicos;
- Quando se compara os prismas sem revestimento com os prismas revestidos com argamassa com espessura de 15 mm, foi possível observar um incremento na capacidade de carga de aproximadamente 177 % para a argamassa forte (1:1:6) e 108 % para a argamassa fraca (1:2:9). Estes incrementos também são menores do que aqueles obtidos com os prismas de blocos cerâmicos;
- Quando se compara os prismas sem revestimento com os prismas revestidos com argamassa com espessura de 30 mm, foi possível observar um incremento na capacidade de carga de aproximadamente 159 % para a argamassa forte (1:1:6) e 120 % para a argamassa fraca (1:2:9).

### 2.2.3 Trabalho desenvolvido por OLIVEIRA, R. A., SILVA, F. A. N. e AZEVÊDO, A. A. C. de (2009)

Apresentaram resultados de pesquisa experimental sobre o comportamento de prismas de alvenaria de blocos de concreto de vedação reforçados com capa de revestimento em argamassa com e sem a adição de malha de aço.

A fim de se avaliar o comportamento de elementos de alvenaria de vedação utilizados com finalidade estrutural, foram ensaiados blocos e prismas. A seguir é apresentada uma caracterização dos materiais utilizados.

Os blocos cerâmicos e de concreto utilizados nos ensaios foram do mesmo tipo daqueles que são usualmente empregados em construções de alvenaria resistente na região. As características dimensionais destes blocos foram obtidas através de ensaios de 60 (sessenta) blocos cerâmicos e 30 (trinta) blocos de concreto, a Tabela 2.3 e a Tabela 2.4 a seguir, sumarizam os resultados obtidos para os blocos cerâmicos e de concreto, respectivamente.

Tabela 2.3 - Características geométricas dos blocos cerâmicos

Comprimento (cm)	19,0
Largura (cm)	9,0
Altura (cm)	19,0
Volume bruto (cm <sup>3</sup> )	3.249,0
Volume líquido (cm <sup>3</sup> )	1.552,7
Resistência média à compressão (MPa)	2,2

Tabela 2.4 - Características geométricas dos blocos de concreto

Comprimento (cm)	39,0
Largura (cm)	9,0
Altura (cm)	19,0
Espessura dos septos longitudinais (cm)	2,2
Espessura dos septos transversais internos (cm)	2,3
Espessura dos septos transversais externos (cm)	2,5
Área bruta da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	351,0
Área líquida da seção transversal (cm <sup>2</sup> )	213,0
Volume bruto (cm <sup>3</sup> )	6.669,0
Volume líquido (cm <sup>3</sup> )	4.047,0
Resistência à compressão (MPa)	2,3

A areia utilizada na confecção das argamassas de assentamento e revestimentos dos modelos ensaiados é a usualmente encontrada na Região Metropolitana do Recife e todo o lote foi adquirido da mesma jazida. A caracterização foi efetuada quanto à granulometria, ao coeficiente de inchamento, à massa específica, à umidade crítica, à massa unitária, à dimensão máxima característica e ao teor de materiais pulverulentos. A Tabela 2.5 a seguir sumariza os resultados dos ensaios realizados na areia utilizada.

Tabela 2.5 - Características da areia natural utilizada

Dimensão máxima característica (mm)	4,80
Módulo de finura	3,20
Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	1,42
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,60
Inchamento	1,25
Umidade crítica (%)	3,00
Teor de material pulverulento (%)	1,26

As argamassas utilizadas, tanto no assentamento dos blocos quanto no revestimento, foram definidas a partir de uma mistura de cimento, cal e areia na proporção 1:1:6 em volume, a Tabela 2.6, a seguir, apresenta os dados de caracterização da argamassa utilizada, obtidas através de ensaios de 15 corpos-de-prova, que corresponde à argamassa tipo N da ASTM (ASTM C-270, 2003). Os corpos-de-prova de argamassa foram ensaiados em conformidade com a normas brasileiras NBR 7215:1996 e NBR 7222:1994. A quantidade de cimento utilizada nas argamassas foi de 220 kg/m<sup>3</sup> para o traço 1:1:6 e 150 kg/m<sup>3</sup> para o traço 1:2:9.

Tabela 2.6 – Caracterização da argamassa de traço 1:1:6

Item	Valores médios
Resistência à compressão (MPa)	5,68
Resistência à tração por compressão diametral (MPa)	0,40
Densidade no estado endurecido (g/cm <sup>3</sup> )	2,11

Os cordões de argamassa de assentamento foram aplicados tanto nos septos longitudinais quanto nos septos transversais dos blocos. Segundo a ABNT, a argamassa deve ser aplicada em todas as partes do bloco para formar a junta horizontal e em dois cordões verticais nos bordos de uma das extremidades dos blocos para a formação da junta vertical. O não preenchimento dos septos transversais das juntas de assentamento causa uma redução da resistência à compressão e ao cisalhamento da alvenaria e, por esta razão, optou-se pela aplicação das argamassas de assentamentos em todos os septos dos blocos – assentamento total.

Foram utilizados dois tipos de telas para armação da capa de revestimento dos prismas ensaiados: uma com telas de aço galvanizado e outra com telas soldadas nervuradas de aço. A tela galvanizada possui fios com diâmetro de 2,6 mm e espaçamento de 5 cm na direção horizontal e 10 cm na vertical, perfazendo uma área de aço de 1,06 cm<sup>2</sup>/m e 0,53 cm<sup>2</sup>/m, respectivamente. A tela de aço é do tipo nervurada para concreto armado com especificação Q-138, com diâmetro dos fios

de 4,2 mm e espaçamento de 10 cm nas direções horizontal e vertical, perfazendo uma seção de aço de 1,38 cm<sup>2</sup>/m nas duas direções.

Foram ensaiados 525 prismas compostos por três blocos justapostos na vertical. Deste total, 315 foram prismas de blocos cerâmicos e 210 de blocos de concreto. Os prismas foram todos capeados no topo com pasta de cimento numa espessura de 5 mm com a finalidade de se obter uma superfície uniforme e nivelada para aplicação do carregamento. Os prismas foram confeccionados procurando-se reproduzir as condições encontradas na prática executiva das construções em alvenaria resistente. Os prismas foram compostos de três blocos ao longo da altura, conforme indicado na Figura 2.1 e na Figura 2.2, a seguir.



Figura 2.1 - Prismas de blocos de concreto com revestimento



Figura 2.2 - Prismas de três blocos cerâmicos com e sem revestimento



As tipologias dos prismas ensaiados foram as seguintes:

- Prismas de blocos de concreto e blocos cerâmicos sem revestimento (PSR);
- Prismas de blocos de concreto e blocos cerâmicos com 3,0 cm de revestimento de argamassa (PCR);
- Prismas de blocos de concreto e blocos cerâmicos com 3,0 cm de revestimento com adição de tela (pop (PCRTP) e galvanizada (PCRTG));
- Prismas de blocos de concreto e blocos cerâmicos com 3,0 cm de revestimento com tela e conectores (PCRTG – C e PCRTP – C);
- Prismas de blocos de concreto e blocos cerâmicos reforçados com argamassa armada com 3,0 cm com tela e conectores (PRAATG – C e PRAATP –C).

Todos os prismas foram revestidos inicialmente com uma camada de 0,5 cm de chapisco no traço 1:3 e, após transcorridas 24 horas desta aplicação, receberam uma camada adicional de revestimento de 2,5 cm, num traço 1:1:6 (cimento, cal e areia) em volume. Os prismas confeccionados foram submetidos a processo de cura em condições naturais (temperatura ambiente) por um período de no mínimo 28 dias.

A confecção dos prismas foi realizada no Laboratório de Materiais e Estruturas do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Católica de Pernambuco, onde também foram cuidadosamente armazenados ficando protegidos numa sala isolada até completarem o período necessário de cura.

A execução do revestimento dos prismas com camada de 3,0 cm foi dividida em quatro etapas, a saber:

- Aplicação do chapisco;
- Aplicação de uma fina camada de argamassa (1,0 cm de espessura);
- Aplicação e fixação da tela por meio dos conectores de aço;
- Aplicação de uma segunda camada de argamassa de revestimento de 1,5 cm de espessura deixando a tela totalmente imersa na argamassa resistente.

Os prismas que receberam o reforço de argamassa armada adicional sobre o revestimento sem tela já existente foram confeccionados inicialmente obedecendo ao mesmo roteiro estabelecido para os prismas com 3,0 cm de revestimento e sem tela, que foram revestidos em uma única etapa por meio de gabaritos de madeira para melhor controle da espessura da argamassa.

Transcorrida esta etapa e após um período de cura de 28 dias, foram realizados furos transversais nos prismas por onde foram introduzidos os conectores de aço para fixação das telas sobre a superfície do revestimento. Completada esta operação, a segunda camada de argamassa de revestimento foi aplicada sobre a tela, deixando-a completamente envolvida pela mesma e o produto final se constituiu numa camada resistente com espessura de 6,0 cm.

Todos os prismas foram capeados com pasta de cimento no topo e na base com a finalidade de reparar algumas irregularidades existentes nestas superfícies, deixando-as planas, prontas para a transmissão do carregamento aplicado pela prensa dos ensaios.

A seguir apresentam-se os resultados dos ensaios experimentais realizados seguidos de comentários críticos dos valores obtidos com ênfase na discussão sobre a capacidade de carga compressiva dos modelos ensaiados.

#### 2.2.1.1 Prismas de blocos cerâmicos

A Figura 2.3 e a Figura 2.4 a seguir apresentam a evolução do processo de ruptura dos prismas sem e com revestimento. Como podem ser observadas, as rupturas são frágeis e explosivas, que se caracterizam por uma perda imediata da capacidade resistente do sistema logo após atingirem a carga máxima. Para os prismas com revestimento foi observado que o processo de fissuração se inicia nos septos horizontais dos blocos e a partir deste momento a carga é primordialmente resistida pelas duas capas de revestimento.

Deve-se registrar, no entanto, que várias formas de ruptura foram constatadas, não se podendo estabelecer uma que represente o universo dos protótipos ensaiados. Uma gama variada de fatores pode influenciar este processo, tais como: a qualidade da mão-de-obra, a uniformidade da espessura das argamassas de assentamento, processo de execução da camada de revestimento, entre outros. Não obstante, podem-se destacar as seguintes formas de rupturas como mais freqüentes:

- Ruptura da capa de revestimento causada por deslocamentos laterais excessivos da argamassa de assentamento (Figura 2.3, terceira foto);
- Ruptura da capa de revestimento por cisalhamento (Figura 2.5);
- Ruptura por descolamento das capas de revestimento.



Figura 2.3 -Prismas de blocos cerâmicos sem revestimento: evolução da ruptura

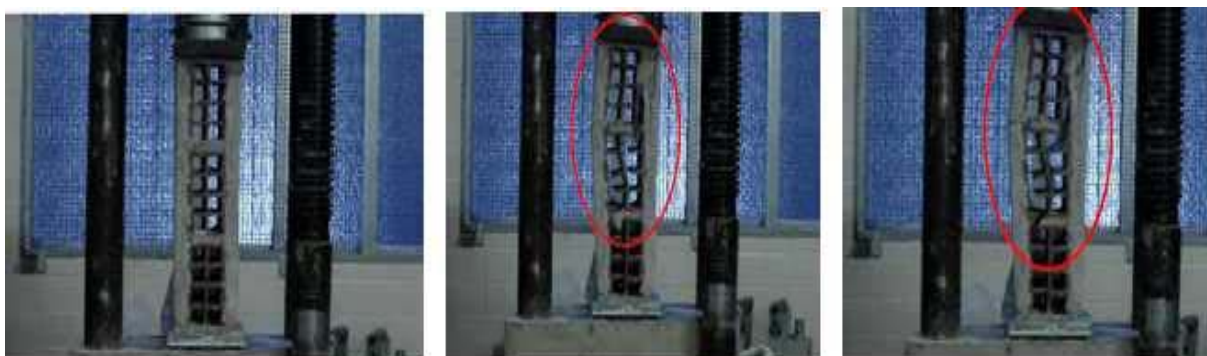


Figura 2.4 - Prismas de blocos cerâmicos com revestimento: evolução da ruptura



Figura 2.5 - Prismas de blocos cerâmicos com revestimento: ruptura por cisalhamento



Figura 2.6 - Prismas de blocos cerâmicos com revestimento e tela



Figura 2.7 - Prismas de blocos cerâmicos com reforço de argamassa armada com conectores

A Tabela 2.7 a seguir sumariza os resultados obtidos no que respeita à carga de ruptura dos prismas ensaiados e o Gráfico 2.3 representa um comparativo entre as cargas máximas obtidas.

Tabela 2.7 - Cargas de ruptura dos prismas de blocos cerâmicos

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de Dispersão	
		Desvio Padrão (kN)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
Prisma sem revestimento	32,41	6,52	21,11
Prismas revestidos com 3 cm	74,93	13,90	18,55
Prismas revestidos com tela eletrosoldada	98,07	19,46	19,84
Prismas revestidos com tela galvanizada	92,86	21,59	23,25
Prismas reforçados com tela eletrosoldada	205,44	16,07	7,82
Prismas reforçados com tela galvanizada	150,44	25,33	15,86

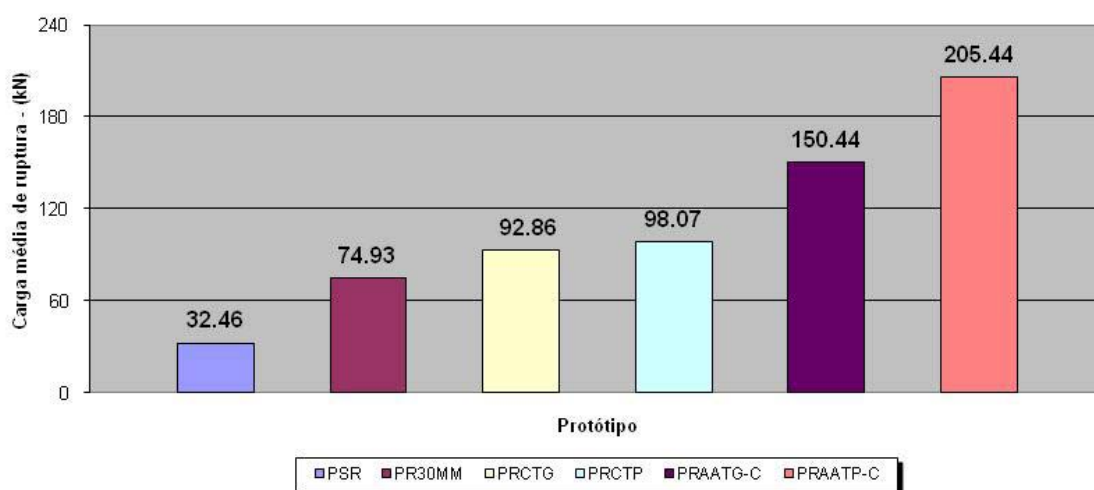


Gráfico 2.3 - Carga de ruptura dos prismas de blocos cerâmicos

Conforme pode ser observado, o incremento na capacidade de carga decorrente do revestimento do prisma é significativo. Com efeito, quando se comparam os valores obtidos para o prisma revestido com aquele decorrente do prisma sem qualquer revestimento, o acréscimo na carga de ruptura chega a 130 % que consubstanciam um significativo incremento na capacidade de carga da parede decorrente da existência do revestimento de argamassa.

Utilizando os valores obtidos acima na avaliação da capacidade de carga de paredes de alvenaria não armada conforme preconiza a NBR 10.837:1989, admitindo um pé direito típico de 2,80 m encontrado na grande maioria das edificações em alvenaria resistente, obtêm-se os seguintes valores:

- $\sigma_{adm} = 0,19 \text{ kN/cm}^2$  para estimativa da carga a partir da resistência do prisma sem revestimento;
- $\sigma_{adm} = 0,28 \text{ kN/cm}^2$  para estimativa da carga a partir da resistência do prisma chapiscado;
- $\sigma_{adm} = 0,78 \text{ kN/cm}^2$  para estimativa da carga a partir da resistência do prisma revestido.

Quando se constata que a maior parte das edificações construídas em alvenaria resistente na cidade do Recife apresenta valor da tensão atuante na parede mais carregada da ordem de 0,7 MPa ( $0,07 \text{ kN/cm}^2$ ), é razoável admitir que os revestimentos de argamassa existente nestas paredes podem ser um dos fatores responsáveis pela garantia da sua estabilidade. Este acréscimo na capacidade de carga deve, no entanto, ser analisado com cautela, já que será tanto maior quanto menor for a resistência dos blocos utilizados e é provável que menores valores sejam obtidos quando se utilizam blocos com resistências mais elevadas.

Na investigação da participação da tela de aço imersa na argamassa resistente, é possível observar que a capa de revestimento contribui de maneira importante para o aumento da carga de ruptura dos prismas. O incremento obtido com a colocação da malha de aço no interior da argamassa de revestimento, no entanto, não proporcionou melhoria significativa na capacidade de carga dos prismas estudados.

A ruptura observada nos prismas ensaiados foi sempre brusca, tanto para prismas revestidos quanto para prismas sem revestimento. Foi possível observar, no entanto, que os prismas revestidos exibiram uma ruptura menos brusca do que os prismas sem revestimento. Conforme a Figura 2.8 a ruptura se deu por falência dos septos horizontais dos blocos por tração seguida do colapso dos septos correspondentes às juntas de argamassa, ocasionando o desequilíbrio do conjunto.

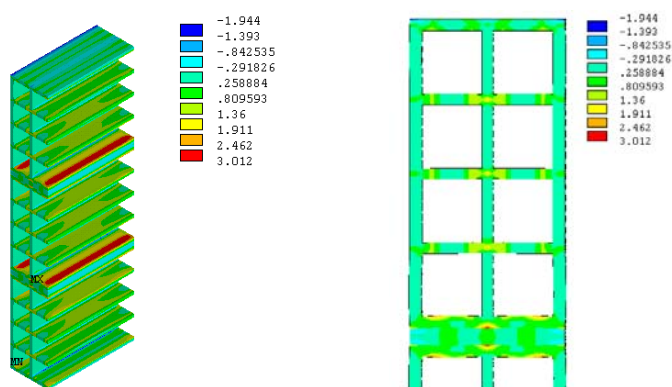


Figura 2.8 - Ruptura por falência dos septos

Os resultados mostram coeficientes de variação relativamente elevados, o que indica uma maior dispersão da amostra utilizada. O maior valor deste coeficiente foi obtido no modelo reforçado com telas, 25,23 %, que se constitui numa situação inesperada, haja vista a expectativa de que a existência da tela no interior da argamassa de revestimento pudesse contribuir para a diminuição do processo de fissuração antes da ruptura. Isto pode em parte ser atribuído, em parte, a questões relativas ao controle de execução na confecção dos prismas reforçados, aspecto que demanda maior investigação.

### 2.2.1.2 Prismas de bloco de concreto

Os resultados obtidos em termos da carga média de ruptura dos prismas ensaiados acham-se agrupados na Tabela 2.8 e dispostos no Gráfico 2.4, a seguir.

Tabela 2.8 - Carga de ruptura dos prismas de blocos de concreto

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de Dispersão	
		Desv. Padrão (kN)	COV (%)
Prisma sem revestimento	86,21	11,47	13,30
Prismas revestidos com 3 cm	148,22	19,89	13,42
Prismas revestidos com tela eletrosoldada	223,43	17,07	7,64
Prismas revestidos com tela galvanizada	187,30	14,11	7,53
Prismas reforçados com tela eletrosoldada e conectores	251,70	36,43	14,47
Prismas reforçados com tela galvanizada e conectores	233,36	32,61	13,97
Prismas reforçados com tela eletrosoldada	371,36	38,37	10,33
Prismas reforçados com tela galvanizada	395,47	34,80	8,87

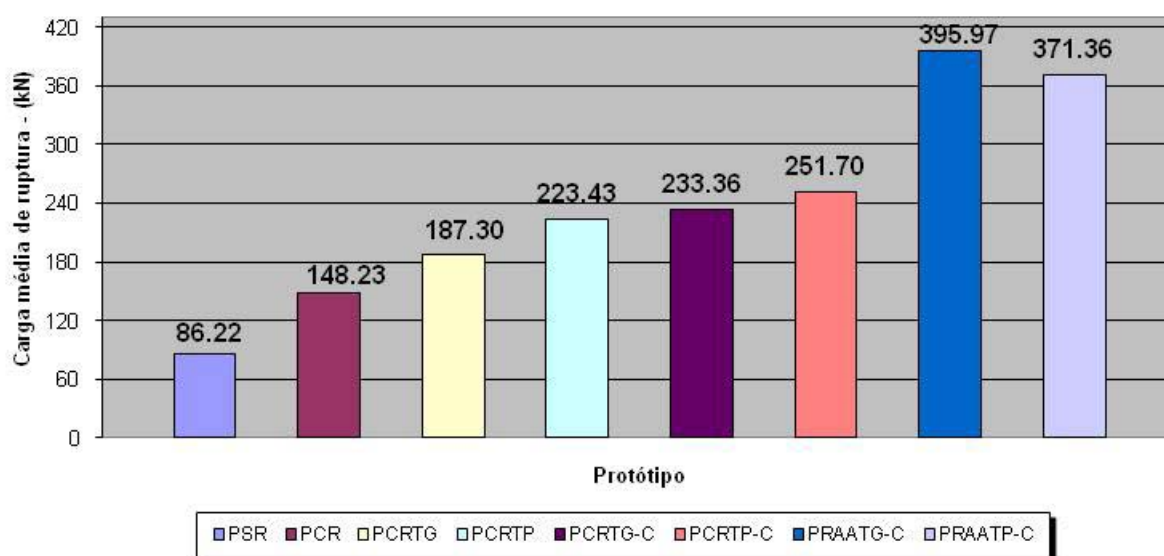


Gráfico 2.4 - Carga de ruptura dos prismas de blocos de concreto



Conforme pode ser observado, o incremento na capacidade de carga decorrente do revestimento do prisma foi significativo. Com efeito, no caso do revestimento sem tela, o aumento na carga de ruptura média, quando comparado com o prisma sem revestimento, foi de aproximadamente 72 % ao passo que, para o caso do revestimento com adição de tela, o incremento atingiu 159 % e 117 % para a tela de aço nervurado e tela de aço galvanizado, respectivamente. Foi também possível observar que a existência da tela no interior do revestimento concorreu para um acréscimo na capacidade de carga do prisma com revestimento. No caso de tela de aço nervurado (CA-60), o acréscimo médio observado foi de aproximadamente 51% e para o caso de tela de aço galvanizado este incremento foi de 27%. Este comportamento que indica uma importante participação da tela que pode ser explorada para eventuais soluções de recuperação.

As Figura 2.9 a Figura 2.13 a seguir, ilustram os modos de rupturas observados para os prismas sem revestimento, com revestimento e com reforço.



Figura 2.9 - Ruptura dos prismas de blocos de concreto sem revestimento



Figura 2.10 - Ruptura dos prismas de blocos de concreto com revestimento e sem tela



Figura 2.11 - Ruptura dos prismas com revestimento, com tela



Figura 2.12 - Ruptura dos prismas com revestimento, com tela e conectores



Figura 2.13 - Ruptura dos prismas com reforço de argamassa armada

No caso dos prismas sem revestimentos as fissuras observadas se localizavam nas faces dos blocos e na superfície de assentamento dos mesmos. As primeiras apresentaram uma característica marcadamente aleatória ao passo que as segundas apresentaram um padrão com maior regularidade.

A ruptura observada foi menos brusca do que os prismas sem revestimento feitos com blocos cerâmicos de vedação utilizados com finalidade estrutural, e em alguns dos prismas foram observados “desfolhamentos” das paredes dos blocos, conforme se vê na Figura 2.9. O fator de eficiência médio dos prismas sem revestimento foi de 1,10, o que significa dizer que a resistência do prisma foi superior em 10% à resistência do bloco isolado. Este fato tem certo sentido na medida em que o bloco utilizado tem baixa resistência à compressão e a argamassa de assentamento tem resistência muito superior à do bloco. Além disso, há que se considerar as dispersões existentes nos dois casos.

Para os blocos com revestimento, mas sem adição de tela de aço no interior da argamassa, o modo de ruptura mais freqüente acha-se indicado na Figura 2.10. Este tipo de ruptura foi caracterizado por um processo de fissuração localizado nas faces anteriores e posteriores dos blocos, sugerindo uma ruptura gerada por tensões transversais de tração.

Para os blocos com revestimento com adição de tela de aço no interior da argamassa, o modo de ruptura mais freqüente acha-se indicado na Figura 2.11 foi semelhante àquele observado para os prismas com revestimento e sem tela. Merece destaque, entretanto, a melhoria de desempenho gerada pela existência da tela de aço e o fato de que nos ensaios realizados foi nitidamente observada uma diferença de comportamento, caracterizada por uma ligeira alteração no processo de ruptura que, devido à existência desta tela, se mostrou menos brusca do que aquela observada nos prismas revestidos apenas com argamassa.

Outro aspecto que merece registro foi a maior regularidade no valor da carga que causou a ruptura dos blocos dos prismas revestidos com adição de tela de aço e que não foi observado nos prismas com revestimento e sem tela. Este comportamento mais regular pode, desta forma, ser atribuído exclusivamente à tela existente no interior da argamassa de revestimento. É possível inferir que o revestimento com a argamassa armada deve ter contribuído para a capacidade de carga dos prismas desde o início do processo de carga, mas sua participação mais efetiva se deu quando os blocos não tinham mais capacidade de suportar o carregamento aplicado.

A avaliação da eficiência do tipo de tela utilizado na armação da camada de revestimento foi estudada através do uso de dois tipos de tela, conforme já descrito anteriormente.

Quando se adicionou a tela de aço no interior da argamassa, observou-se um incremento na capacidade de carga do prisma revestido de aproximadamente 27 %, para o caso de tela galvanizada, e de 51 %, para o caso de tela eletrosoldada. Este melhor desempenho da tela eletrosoldada pode ser atribuído às melhores condições de aderência e à uniformidade da seção de aço nas duas direções consideradas. Esta melhoria de desempenho dos prismas, decorrente da adição de telas de aço no interior da camada de revestimento, pode ser explorada para eventuais soluções de recuperação.

É possível observar que a capa de revestimento contribui de maneira importante para o aumento da carga de ruptura dos prismas como era esperado. O incremento obtido com a colocação da malha de aço no interior da argamassa de revestimento também proporcionou uma melhora significativa na capacidade de carga dos prismas estudados em torno de 65 %.

A Tabela 2.9 a seguir apresenta uma comparação da interferência do revestimento à base de argamassa armada na resistência à compressão de prismas de alvenaria não armada, tanto de blocos de concreto quanto de blocos cerâmicos.

Tabela 2.9 - Comparação entre o bloco de concreto e o bloco cerâmico

Indicador de comparação	Tipo de Blocos	
	Concreto	Cerâmico
Incremento de carga após a aplicação da argamassa (%)	71,91	131,19
Incremento de carga após a aplicação dos conectores à malha de aço (%)	69,81	-
Incremento de carga após a aplicação da malha de aço sem conectores (%)	50,74	30,88
Incremento de carga após reforço de argamassa armada com conectores (%)	164,76	174,18

Analisando a Tabela 2.9, pode-se perceber que a influência do revestimento no bloco cerâmico é muito maior que no bloco de concreto. Já a malha de aço proporciona um incremento superior a 50 % nos prismas de blocos de concreto e uma menor influência nos prismas de blocos cerâmicos (30,88 %). Este grande aumento da capacidade de carga para os blocos cerâmicos após a aplicação da argamassa pode ser atribuído à alta resistência desta quando comparada com a resistência do bloco. No decorrer dos ensaios era possível observar que os blocos cerâmicos entravam em colapso muito antes de o prisma atingir a carga de ruptura, por isso a argamassa de revestimento era muito mais solicitada. A menor contribuição da tela de aço para o aumento da capacidade de carga dos prismas de blocos cerâmicos pode ser explicada pelo fato desta entrar em processo de flambagem quando atingida uma carga crítica, levando consigo a camada de revestimento.

Para os blocos de concreto, a flambagem das telas foi combatida parcialmente pelos conectores que prendiam a malha à argamassa. Sendo assim, pode-se concluir que a argamassa de revestimento tem importância crucial para o equilíbrio estático dos edifícios em estudo e que a técnica da argamassa armada pode ser uma boa sugestão para a recuperação.

#### 2.2.4 Trabalho desenvolvido por OLIVEIRA e AZEVÊDO (2006)

Realizaram ensaios, objetivando interpretar a influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão axial em prismas de três blocos. A argamassa de assentamento e revestimento homogêneas em suas devidas proporções com cimento, saibro e areia. A utilização de saibro para argamassa foi largamente utilizada na construção dos prédios tipo “caixão”, na Região Metropolitana do Recife.

O saibro, em ensaios de caracterização, apresentou-se como um solo predominantemente arenoso (83% de areia) e que é não líquido e não plástico. Sabe-se que os edifícios construídos com o procedimento abordado neste trabalho, ou seja, edifícios tipo “caixão” com até quatro pavimentos, em expressivo número,

tiveram saibro em suas argamassas de assentamento e/ou revestimento. Destaca-se que o saibro utilizado nesta pesquisa, foi adquirido em armazém, seguindo os procedimentos usuais de aquisição e utilização deste material.

Os blocos cerâmicos tinham dimensões de 19 cm de comprimento e altura e 9 cm de largura. As 15 réplicas dos blocos tiveram resistência média à compressão de 2,15 MPa. Utilizaram-se proporções na argamassa de assentamento 1:1:7 e revestimento 1:3:5 (cimento, saibro e areia), em volume, sendo ambas as resistências médias à compressão de 5,39MPa. Os resultados da pesquisa seguem na Tabela 2.10 abaixo:

Tabela 2.10 - Prismas da pesquisa de OLIVEIRA e AZEVÊDO, 2006

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de dispersão	
		Desvio Padrão (kN)	COV (%)
Sem revestimento	18,53	2,28	12,29
Revestimento 1:3:5, espessura 1,5 cm	51,80	5,70	6,41
Revestimento 1:3:5, espessura 3,0 cm	72,82	6,41	8,81

Neste estudo observou-se a influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão das alvenarias resistentes com um aumento médio de 98,13% para 1,5 cm de espessura do revestimento e 139,25 % para 3,0 cm de espessura do revestimento.

### 2.2.5 Relação de prisma / bloco

Em todas estas pesquisas foram obtidas relações diferentes entre as resistências do bloco e do prisma, considerando a utilização de 15 réplicas de cada ensaio. A Tabela 2.11 reúne todas as relações obtidas.

Tabela 2.11 - Relações entre as cargas de ruptura de prismas e blocos

Autor(es)	Resistência média dos prismas (Mpa)	Resistência média dos blocos (Mpa)	Tipo do bloco	Relação Prisma/bloco
OLIVEIRA, R. A., SILVA, F. A. N. e AZEVEDO, A. A. C. de (2009)	2,46	2,30	Concreto 9x19x39	1,07
ARAÚJO NETO, (2006)	2,54	3,10	Concreto 9x19x39	0,81
OLIVEIRA, R. A., SILVA, F. A. N. e AZEVEDO, A. A. C. de (2009)	1,90	2,15	Cerâmico 9x19x19	0,88
MOTA, (2006)	1,93	2,85	Cerâmico 9x19x19	0,68
OLIVEIRA e AZEVEDO (2006)	1,08	2,15	Cerâmico 9x19x19	0,50

### 2.2.6 Considerações sobre do estudo experimental dos prismas

Tomando como base os resultados dos ensaios experimentais realizados em prismas de blocos de vedação, cerâmicos e de concreto, as seguintes conclusões podem ser extraídas:

#### Blocos cerâmicos

- Foi observado nos ensaios realizados que os revestimentos contribuíram para aumentar a capacidade de carga vertical dos elementos de alvenaria resistente estudados;

- Este aumento na capacidade de carga alcançou 335%, nos modelos ensaiados. No entanto, deve ser considerado que este acréscimo está diretamente relacionado com a resistência à compressão das unidades. Com efeito, quanto menor a resistência das unidades maior será, em termos percentuais, a contribuição do revestimento para a resistência global do elemento;
- Vários tipos de ruptura foram observados nos prismas não sendo possível eleger uma forma de ruptura típica. Por outro lado, foram freqüentes as rupturas por deslocamento lateral excessivo da capa de revestimento decorrente da mudança do estado de tensão da argamassa de assentamento em virtude do quadro de fissuração excessivo dos septos dos blocos;
- O incremento de carga referente à malha de aço observada nos prismas de bloco cerâmico foi insignificante.

#### Blocos de concreto

- A capa de revestimento aplicada sobre os prismas contribuiu para aumentar a capacidade de carga vertical dos elementos de alvenaria resistente estudados;
- Este aumento na capacidade de carga alcançou 72 %, nos prismas com revestimento resistente sem tela e 117 % nos modelos com tela de aço galvanizados e 159% nos modelos com tela nervurada;
- A colocação da tela de aço galvanizado no interior da matriz de argamassa resistente do revestimento contribui para um incremento na capacidade de carga do prisma com revestimento da ordem de 23 %;
- A colocação da tela de aço eletrosoldada no interior da matriz de argamassa resistente do revestimento contribui para um incremento na capacidade de carga do prisma com revestimento da ordem de 50 %;
- A existência da tela de aço no interior da argamassa de revestimento contribui para um melhor desempenho dos modelos estudados notadamente na uniformização da carga de ruptura dos blocos;



- Os prismas de bloco de concreto apresentam um incremento de carga de ruptura de mais de 300 % referentes a aplicação de uma camada de argamassa armada com malha de aço sobre uma camada de argamassa simples existente;
- Após a aplicação dos conectores ao revestimento dos prismas de concreto observa-se um aumento de aproximadamente 25 % na capacidade de carga axial;
- Os prismas com três centímetros de argamassa de revestimento reforçados com malha de aço e conectores apresentam um acréscimo de mais de 180 % na sua capacidade de carga axial;
- A argamassa de revestimento contribui de forma significativa para os prismas de bloco de concreto com pouco mais de 70 % de sua capacidade.

#### 2.2.7 Trabalho realizado por HANAI e OLIVEIRA (2002)

Foi realizado estudo sobre a influência do revestimento na resistência à compressão axial em alvenarias com blocos cerâmicos de vedação. O objetivo foi analisar o comportamento de pequenas paredes, com e sem revestimento, concernente à resistência à compressão axial, quantificando-se a influência do revestimento na sua capacidade de suporte.

Os blocos vazados utilizados nas paredes “portantes”, que são assentados com os furos perpendiculares à direção do carregamento, fazem surgir tensões transversais de tração que causam o seccionamento do bloco e conseqüente ruptura. Quando as seções internas dos blocos são de furos arredondados, verifica-se que a forma de ruptura torna-se ainda mais grave. Este fato foi confirmado através de análise teórica efetuada com auxílio de programa computacional fundamentado no método dos elementos finitos.

Constatou-se nos ensaios que as tensões em um bloco assentado com furos na direção horizontal apresentam tensões de tração transversais nos septos, provocando fendilhamento e ruptura do bloco por instabilidade. Os septos verticais absorvem predominantemente as cargas verticais, todavia sua capacidade de resistência se esgota pela ruptura dos septos transversais.

Os ensaios basearam-se na análise da resistência à compressão axial de blocos, prismas e paredinhas.

Os blocos assentados em pé (série 1) e deitados (série 2) tiveram resultados médios de 0,3 MPa, isto é, bem aquém do mínimo exigido por norma (1 MPa) para esse tipo de material, sendo, portanto, incompatíveis quando considerados com o uso prático.

Considerou-se, tanto para os prismas como para as paredinhas: argamassa de revestimento fraca com traço 1:3,5:10 e resistência média 5 MPa; argamassa forte com traço 1:3 e resistência média 11 MPa e telas soldadas mais revestimento de argamassa forte, com fios de 2,77 mm espaçados em 50 mm, posicionadas junto às faces do substrato. A espessura da capa de revestimento de todas as paredinhas foi de 2,0 cm, com dimensão de 39 x 81 cm.

Todas as paredinhas foram ensaiadas aos 28 dias, tendo a argamassa de assentamento traço 1:0,5:5 cuja resistência foi de 6 MPa e relação água/cimento  $\leq 1$ .

As conclusões dessa pesquisa foram:

- O aumento da resistência devido ao revestimento foi evidente, além do aumento substancial da rigidez e ductilidade, tanto nas paredinhas como nos prismas.

- Nas paredinhas da série 1, observou-se um incremento na resistência cerca de 20 vezes mais quando revestidos com argamassa fraca e 33 vezes mais com argamassa forte, entretanto, quando se utilizou tela como armadura revestida com argamassa forte, os resultados não foram satisfatórios, tomando-se como base os valores anteriores. Os elevados valores destes incrementos só foram possíveis devido à resistência excessivamente baixa dos blocos utilizados (0,3 MPa), muito inferiores ao mínimo exigido, mesmo para alvenaria de vedação (1,0 MPa). Observe-se que se a resistência do bloco tende a zero o incremento da resistência à compressão devido à argamassa de revestimento tenderá ao infinito.

- Nas paredinhas da série 2, o ganho de resistência também se mostrou elevado, embora a rigidez e a ductilidade tenham sido menores. O acréscimo de

resistência das paredinhas revestidas com argamassa fraca foi cerca de 5 vezes mais e 10 vezes mais quando revestidas com argamassa forte. Não se verificou ganho de resistência quando se utilizou tela de armadura e revestimento de argamassa forte, possivelmente pela aderência comprometida entre o substrato e a argamassa, dificultada pela tela.

- Nos prismas da série 1, o ganho de resistência média, devido à argamassa de revestimento, foi de 2,61 vezes mais para argamassa de revestimento forte, 2,45 quando fraca e 2,06 quando se utilizou tela e argamassa forte.

- Nos prismas da série 2, o ganho de resistência média foi de 1,85 com argamassa de revestimento forte, 2,05 com argamassa fraca e 1,89 com tela e argamassa forte.

- Os resultados desta pesquisa demonstraram que as paredes revestidas, de modo geral, aumentam sua capacidade resistente e sua rigidez, podendo, em determinadas condições, melhorar a sua ductilidade. Os resultados sugerem que a exploração da capa de revestimento com ou sem reforço de armadura tem condições de ser aplicada na reabilitação de paredes.

## **2.3 Estudo sobre paredinhas**

Como esta pesquisa tem a função de comparar os resultados com os da pesquisa desenvolvida e apresentada na dissertação de Andrade (2009), abaixo se encontra um resumo dos resultados obtidos para paredinhas:

### **2.3.1 Trabalho desenvolvido por ANDRADE, Samá Tavares de (2007)**

Devido às edificações habitacionais em alvenaria resistente de até quatro pavimentos, conhecidas como "prédios caixão", não atenderem aos requisitos de estabilidade quando analisadas pelas formulações de cálculo aplicadas às alvenarias estruturais, a consideração do revestimento e dos contraventamentos das paredes entre si, explicam a estabilidade dessas edificações. Essa pesquisa

apresenta os resultados de ensaios experimentais relativos à influência do traço e da espessura dos revestimentos, bem como da influência de reforço com malhas de aço em revestimentos constituídos de argamassas mistas em paredinhas de alvenaria de blocos cerâmicos de vedação.

Foram ensaiadas paredinhas constituindo amostras contendo quinze réplicas cada, nos seguintes casos: paredinhas nuas, apenas chapiscadas, revestidas com argamassas mistas nos traços 1:2:9, 1:1:6 e 1:0,5:4,5 com espessuras de 2cm e 3cm, constituídas de cimento, cal e areia e argamassa armada com telas soldadas por eletro fusão.

Essas paredinhas foram confeccionadas com os blocos que estão caracterizados na Tabela 2.12 e os resultados obtidos dispostos na Tabela 2.13 .

Tabela 2.12 - Características geométricas dos blocos cerâmicos ensaiados

Comprimento (cm)	19,0
Largura (cm)	9,0
Altura (cm)	19,0
Resistência à compressão (MPa)	2,87

Tabela 2.13 - Cargas de ruptura das paredinhas

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de dispersão	
		Desvio. Padrão (kN)	COV (%)
Sem revestimento	56,3	8,7	15,4
Com chapisco	84,9	16,3	19,2
Revestimento 1:2:9, espessura 1,5 cm	130,4	24,4	18,7
Revestimento 1:2:9, espessura 3,0 cm	156,5	16,1	10,3
Revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm	168,3	33,3	19,8
Revestimento 1:0,5:4,5, espessura 3,0 cm	262,2	42,7	16,3
Revestimento 1:2:9, espessura 1,5 cm + revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm e tela eletrossoldada	321,0	47,7	14,9
Revestimento 1:2:9, espessura 3,0 cm + revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm e tela eletrossoldada	367,0	49,3	13,4
Revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm + revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm e tela eletrossoldada	417,1	63,0	15,1

A incorporação de revestimento em argamassa não altera a forma de ruptura das alvenarias, que acontece de forma brusca, porém sendo constatado que há uma efetiva participação do revestimento no comportamento compressivo de paredes.

O reforço com telas, com efetivo travamento e revestimento, além de elevar a capacidade resistente das paredes, produz mudança significativa nas suas formas de ruptura.

Os conectores, barras que interligam as telas de reforço, exercem papel fundamental no comportamento das alvenarias na ruptura.

Há de se considerar que, os incrementos de resistências expressos em percentuais, dependem da resistência do bloco empregado. Para blocos de resistências inferiores os incrementos serão maiores, ocorrendo o contrário para blocos de resistências superiores.

### **3 PROGRAMA EXPERIMENTAL REALIZADO**

Os ensaios realizados na pesquisa para esta dissertação foram desenvolvidos com o objetivo de se obter informações qualitativas e quantitativas sobre o comportamento de prismas de alvenaria realizados com blocos de vedação utilizados com finalidade estrutural e comparados às paredinhas nas mesmas condições de carga, com a utilização dos mesmos blocos e argamassas de revestimento. Todos os materiais utilizados nesta pesquisa, componentes e prismas, foram investigados de forma a atender aos requisitos dispostos nas Normas Técnicas Brasileiras pertinentes a cada material.

#### **3.1 Blocos cerâmicos**

Os blocos cerâmicos da alvenaria de vedação foram adquiridos em fornecedor situado na Região Metropolitana do Recife (RMR). Do lote considerado, foram retiradas amostras em números suficientes a realização dos ensaios e entregues aos cuidados do Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Católica de Pernambuco. Foram recebidos, limpos e identificados e todo o processo de caracterização foi efetuado segundo os procedimentos descritos na norma NBR 15270-1:2005 – Componentes cerâmicos Parte1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Esta norma define os termos e fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis para recebimento e utilização de blocos cerâmicos de vedação. A NBR 15270-3:2005 – Componentes cerâmicos Parte3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaios, estabelece os métodos para a execução dos ensaios dos blocos cerâmicos estruturais e de vedação. Foram inspecionadas as conformidades dos blocos quanto às características geométricas, físicas e mecânicas.

### 3.1.1 Características geométricas

As características geométricas dos blocos, a sua forma e dimensões de fabricação, devem atender as tolerâncias previstas:

- Medidas das Faces – Dimensões efetivas;
- Espessuras dos septos e paredes externas dos blocos;
- Desvio em relação ao esquadro (D);
- Planeza das faces (F);
- Área bruta ( $A_b$ )

A aparelhagem necessária para efetuar as medições foi constituída de: paquímetro com sensibilidade mínima de 0,05mm, régua metálica com sensibilidade mínima de 0,5mm, esquadro metálico de  $90 \pm 0,5^\circ$  e balança com resolução de 10g, todos estavam devidamente calibrados.

Com as medidas das faces dos blocos foram determinados os valores da largura (L), altura (H) e comprimento (C) como podemos observar nas Figura 3.1 e Figura 3.2.

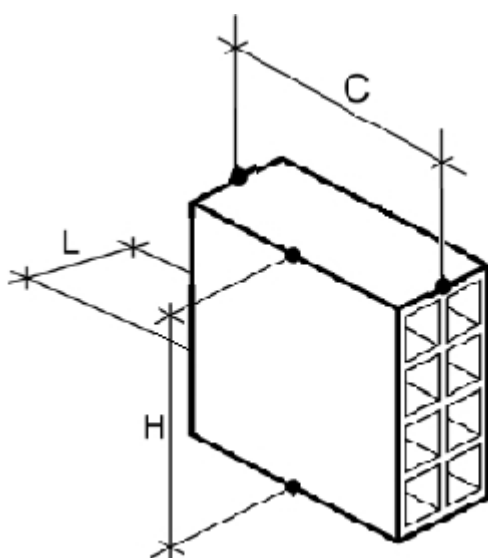


Figura 3.1 - Locais para medições (Fonte: NBR 15270-3)



Figura 3.2 - Medidas das dimensões

A medição dos septos teve o procedimento seguinte e as medições foram efetuadas na região central dos blocos, utilizando no mínimo quatro medições, buscando os septos de menor largura, como podemos observar na Figura 3.3 e na Figura 3.4.

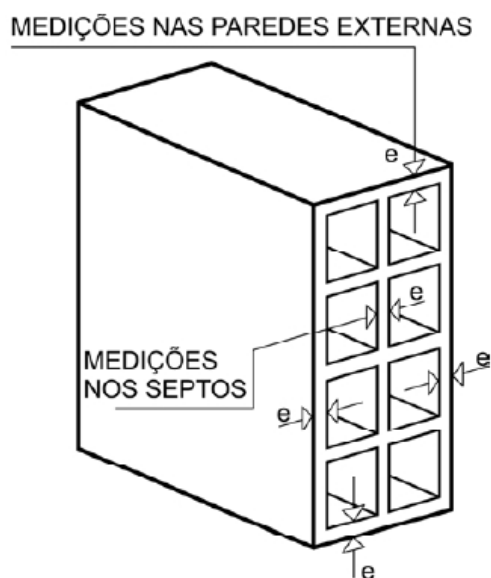


Figura 3.3 - Locais de medidas dos septos (fonte: NBR 15270-3)





Figura 3.4 - Medição dos septos

O desvio em relação ao esquadro foi medido entre uma das faces destinadas ao assentamento e a face destinada ao revestimento do bloco, conforme a Figura 3.5 e a Figura 3.6.

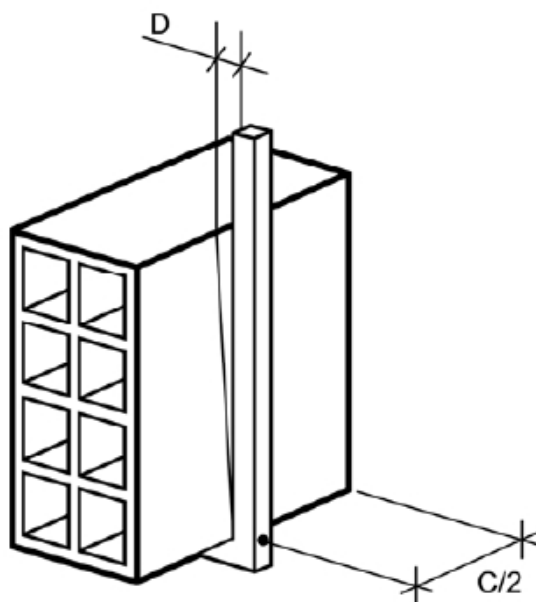


Figura 3.5 - Locais para medição dos desvios (fonte: NBR 15270-3)



Figura 3.6 - Medição dos desvios

Determinou-se a planeza das faces através da flecha formada na diagonal de uma das faces destinadas ao revestimento do bloco, de acordo com a Figura 3.7 e a Figura 3.8.

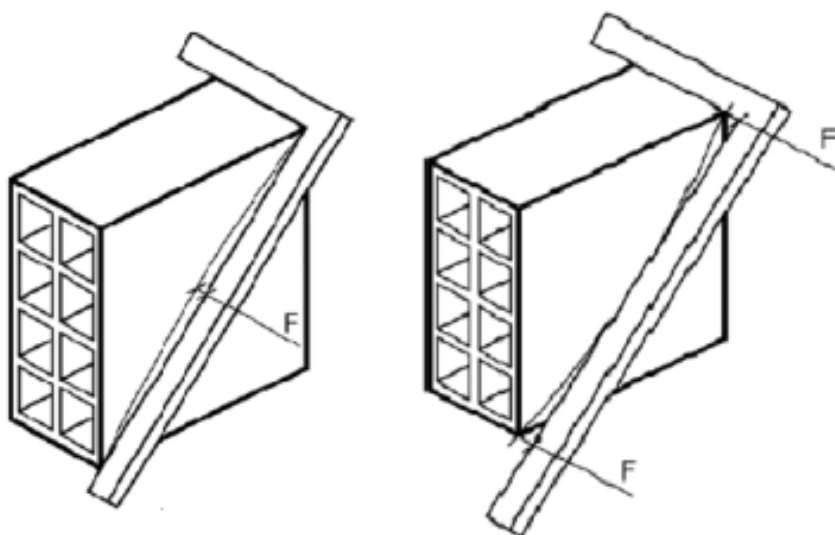


Figura 3.7 - Locais de medição da planeza (fonte: NBR15270-3)



Figura 3.8 - Medição da planeza das faces

Por fim, foi determinado o valor da área bruta de cada bloco como se pode observar na Tabela 3.1 juntamente com todos os dados da caracterização geométrica.

Tabela 3.1 - Caracterização geométrica dos blocos cerâmicos

Nº	a) medidas das faces - dimensões efetivas (mm)			b) Espessura dos septos e paredes externas (mm)		c) Desvio em Relação ao esquadro (mm)	d) Planeza das faces (mm)	e) Área bruta (cm <sup>2</sup> )	
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	Septos	Paredes externas	D	F	Ab	
1	93	193	190	7	8	1	1	177	
2	91	191	191	7	8	1	1	173	
3	93	192	190	8	8	1	1	176	
4	90	192	190	8	8	1	1	171	
5	91	190	188	8	8	1	1	172	
6	91	190	191	7	8	1	1	175	
7	91	191	189	8	9	1	1	173	
8	90	190	191	8	8	1	1	172	
9	92	188	190	7	8	1	1	174	
10	92	192	191	8	9	1	1	176	
11	92	191	192	8	8	1	1	175	
12	89	190	188	7	8	1	1	167	
13	91	189	193	7	8	1	1	175	
Média	91	191	190	8	8	1	1	174	
Tolerância NBR 15270-1 (mm)	individual ±	5	5	5	mínimo 6	mínimo 7	máximo 3	máximo 3	x
	Média ±	3	3	3					
unidades não conformes		0	0	0	0	0	0	0	x

Dimensão de referência do bloco 90 x 190 x 190mm;

### 3.1.2 Características físicas

As características físicas investigadas dos blocos cerâmicos de vedação foram:

- Massa seca ( $m_s$ );
- Índice de absorção d'água (AA);
- Índice de absorção inicial (AAI).

Os equipamentos utilizados para tais determinações foram: balança com resolução de até 5 g, estufa com temperatura ajustável e um tanque para submersão das amostras. A quantidade de amostras estabelecidas pela norma para determinação destas características é igual a seis corpos-de-prova.

Para determinação da massa seca ( $m_s$ ) as amostras dos blocos cerâmicos foram primeiramente limpas para retiradas de pó e de outras partículas soltas aderidas ao bloco e identificadas, depois os mesmos foram submetidos a estufa com temperatura na faixa de  $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$  até a estabilização da massa individual, quando após duas pesagens consecutivas, com intervalos de 1 hora, não diferisse em mais de 0,25 % do peso, como podemos observar na Figura 3.9.



Figura 3.9 - Pesagem para obtenção da massa seca

Após a determinação da massa seca, os blocos foram completamente submersos em tanque com água à temperatura ambiente durante um período de 24h e então retirados e colocados na balança para determinação da massa úmida, ( $m_u$ ), após a retirada da água em excesso com auxílio de um pano.

O índice de absorção d'água (AA) de cada corpo-de-prova foi calculado utilizando a expressão:

$$AA(\%) = [(m_u - m_s) \div m_s] \times 100 \quad \text{Equação 3.1}$$

A Figura 3.10 e a Figura 3.11 demonstram estes procedimentos.



Figura 3.10 - Corpos-de-prova submersos



Figura 3.11 - Obtenção do peso úmido

A determinação do índice de absorção inicial (IRA) necessitou, além dos equipamentos descritos acima, de cronômetro com sensibilidade de 1s, régua de nível com bolha, reservatório d'água que permita a manutenção de uma lâmina de  $(3 \pm 0,2)$  mm como demonstrado esquematicamente na Figura 3.12.

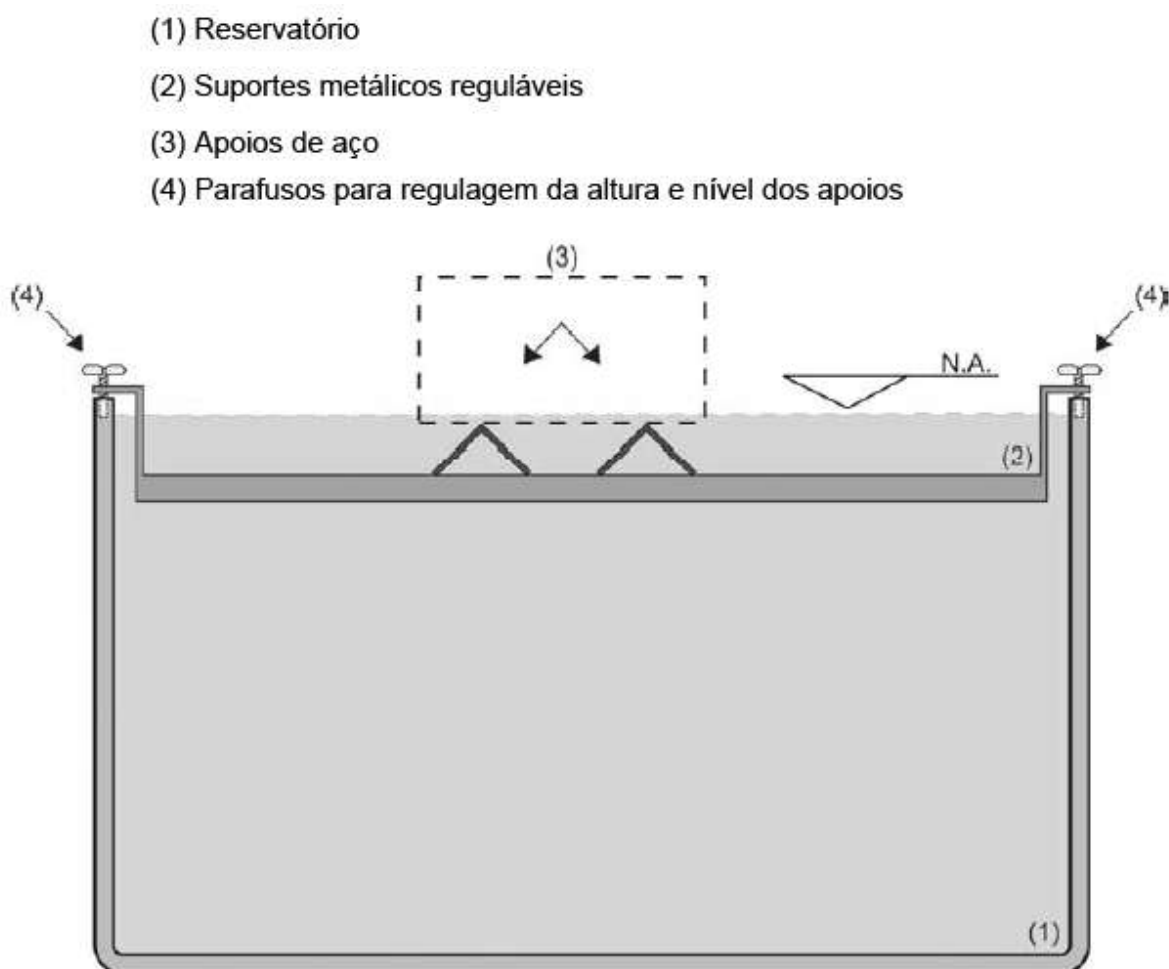


Figura 3.12 - Esquema para determinação do IRA (fonte: NBR15270-3)

As amostras primeiramente foram submetidas ao aquecimento em estufa durante 24 h e após sua retirada aguardou-se 2 horas para resfriamento ao ar livre até a temperatura ambiente, foram então determinadas as características geométricas dos blocos para obtenção da área de contato com a lâmina d'água. Em seguida posicionaram-se os blocos sobre os apoios de forma que a face de contato

do bloco permanesse em contato com a lâmina d'água a uma altura de 3 mm durante um tempo de 1 min, tirando-se em seguida o bloco e retirando-se a água em excesso com auxílio de um pano úmido para proceder com a pesagem do bloco. O IRA é o índice de absorção d'água (sucção) da face ensaiada dos blocos, expresso em  $(g/193,55cm^2)/min$  e é calculado conforme a expressão:

$$IRA = 193,55 \times (\Delta p \div \text{área}) \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde  $\Delta p$  é a variação das massas úmida após 1 min e seca à temperatura ambiente. A Tabela 3.2 resume os resultados obtidos das características físicas.

Tabela 3.2 - Caracterização física

Nº	a) massa seca	b) Índice de Absorção D'água (AA)		c) Índice de Absorção Inicial (AAI)			
	ms (g)	Um (g)	AA (%)	massa seca temp. ambiente (g)	massa umida após 1 min (g)	Área (cm²)	AAI (g/193,55cm²)/min
14	2400	2710	12,9	2406	2413	176	6,9
15	2314	2652	14,6	2320	2331	171	12,6
16	2283	2602	14,0	2289	2297	172	9,2
17	2331	2656	13,9	2338	2346	175	8,6
18	2303	2628	14,1	2307	2323	174	17,4
19	2397	2706	12,9	2403	2406	174	3,9
<b>unidades não conformes</b>	X	X	0	x	X	X	0

Limites:  $8\% \leq AA(\%) \leq 22\%$ ;

$AAI \leq (30g/193,55cm^2)/min$ ;

### 3.1.3 Características mecânicas

As características mecânicas dos blocos cerâmicos de vedação avaliadas foram:

- resistência à compressão individual.

Para realização deste ensaio utilizou-se um total de 13 corpos-de-prova que foram devidamente preparados, com a regularização das duas faces destinadas ao

assentamento perpendicular ao comprimento do bloco, com pasta de cimento de espessura máxima de 3 mm e de forma a uniformizar as superfícies, como demonstrado na Figura 3.13.

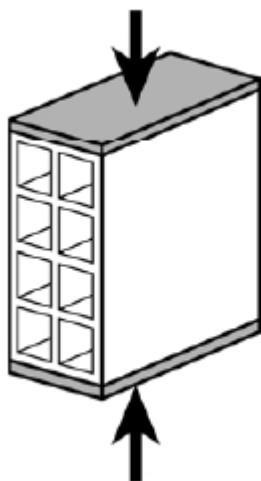


Figura 3.13 - Eixo de aplicação da carga (Fonte: NBR15270-3)

Após o endurecimento das camadas de capeamento, os corpos-de-prova foram completamente submersos em tanque com água por um período não inferior às 6h como estabelece a NBR 15270-3:2005. A máquina utilizada para realização dos ensaios foi a Máquina Universal de Ensaio do laboratório de materiais de construção da Universidade Católica de Pernambuco. Os corpos-de-prova foram ensaiados na condição saturada e colocados na prensa de modo que seu centro de gravidade coincidissem com o eixo de carga dos pratos da prensa, como podemos observar na Figura 3.14 e na Figura 3.15. A Tabela 3.3, apresenta todos os valores obtidos após a realização desses ensaios.





Figura 3.14 - Corpo-de-prova antes do ensaio



Figura 3.15 - Corpo-de-prova após o ensaio

Tabela 3.3 - Características mecânicas

a) Resistência à Compressão Individual (fb)	número dos corpos-de-prova													Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
Área L x C (cm <sup>2</sup> )	177	173	176	171	172	175	173	172	174	176	175	167	175	174	X	X
Carga de ruptura (KN)	38,34	36,37	26,40	37,26	36,49	35,42	35,27	47,89	48,42	31,32	33,45	27,00	27,90	35,50	X	X
Tensão (MPa)	2,17	2,10	1,50	2,18	2,12	2,02	2,04	2,78	2,78	1,78	1,91	1,62	1,59	2,05	0,40	19
unidades não- conformes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	X	X

### 3.2 Agregado miúdo

A caracterização do agregado miúdo (areia), utilizada na confecção das argamassas de revestimento dos prismas levou em consideração os seguintes ensaios e suas respectivas normas:

- Granulometria do agregado miúdo – NBR NM 248:2003
- Massa específica frasco de Chapman – NBR 9776:1987
- Teor de argila em torrões – NBR 7218:1987
- Determinação de materiais finos – NBR NM 46:2003
- Determinação da massa unitária – NBRNM45:2006
- Inchamento do agregado miúdo – NBR 6467:2008

A areia utilizada foi adquirida em armazém localizado na Região Metropolitana do Recife e todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Católica de Pernambuco.

#### 3.2.1 Determinação da composição Granulométrica

A determinação da composição granulométrica visa classificar o agregado em função do tamanho dos grãos que o compõem. O método de ensaio é descrito na NBR NM 248:2003 e para determiná-lo é necessário coletar duas amostras do agregado a ser analisado que deve então ser lavado e submetido previamente a estufa com temperatura de  $(105 \pm 5)$  °C. Sua classificação se dá através de um conjunto de peneiras com aberturas padronizadas pela ABNT, como podemos observar na Figura 3.16. O conjunto é organizado de forma decrescente, de maneira que as peneiras de aberturas maiores se sobreponham sobre as peneiras de aberturas menores, o material é então peneirado de forma que cada fração fique

retida nas peneiras, e depois separados e pesados. A Figura 3.17 e a Figura 3.18 ilustram o procedimento.



Figura 3.16 - Exemplo de peneira



Figura 3.17 – Seqüência de peneiras



Figura 3.18 - Areia separada por tamanho dos grãos

### 3.2.2 Determinação da massa específica

Para se determinar a massa específica do agregado miúdo, segue-se o procedimento descrito na norma NBR NM 52:2009 que utiliza o frasco de Chapman, ver Figura 3.19, frasco padronizado, dotado de marcações que indicam o volume do deslocamento da coluna d'água após a inserção do material. A massa específica de um material é a relação da sua massa e o volume ocupado por ela, excluindo-se os vazios existentes entre os grãos.

A areia foi previamente seca em estufa a temperatura em torno de 105°C e retirada uma amostra com 500 g. Esta amostra foi então inserida dentro do frasco de Chapman, que já se encontrava com água no volume de 200 cm<sup>3</sup>; à medida que o material ia sendo colocado, a coluna d'água se deslocava de forma que ao final, a variação deste deslocamento representava o volume da areia inserida. A fórmula utilizada é demonstrada abaixo:

$$\gamma = m \div (L - 200) \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde m é a massa seca do material e L é o volume final da coluna d'água, o resultado é expresso em g/cm<sup>3</sup>.



Figura 3.19 - Frasco de Chapman

### 3.2.3 Determinação do teor de materiais finos

Os materiais finos presentes no agregado, ou seja, os que passam na peneira com abertura de 0,075 mm (75 µm), também chamados de materiais pulverulentos, devem ser analisados através do método descrito pela NBR NM 46:2001. Sua quantidade, quando superior ao previsto na norma NBR 7211:2009 que é de 5%, pode prejudicar a mistura, seja de concreto ou argamassa, pois os grãos muito finos dificultam a aderência da pasta de cimento ao agregado.

A amostra foi colocada em estufa à temperatura de 110°C até constância de massa e então foi retirada uma amostra de 100 g. Esta quantidade foi posta sobre as peneiras com abertura 1,2 mm e 0,075 mm e submetida a lavagem sucessivas vezes para que o material fino aderido ao agregado fosse eliminado com a água. O processo foi finalizado quando a água passante estivesse totalmente limpa. O material foi novamente colocado em estufa para evaporação da água e obtenção da massa final.

O resultado foi calculado segundo a expressão:

$$\text{Teor de material pulverulento} = \left[ \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \right] \times 100 \quad \text{Equação 3.4}$$

M<sub>i</sub> = Massa inicial

M<sub>f</sub> = Massa final

### 3.2.4 Teor de argila em torrões

As argilas em torrões e os materiais friáveis são materiais suscetíveis ao desgaste quando submetidos a pequenos esforços que podem alterar a qualidade de um agregado quanto à contaminação com grãos pouco resistentes e que prejudicam tanto a resistência quanto à aparência dos concretos e argamassas. Seu teor é calculado segundo as recomendações da norma NBR 7218:1987, separando uma porção do agregado miúdo que passe na peneira com abertura 4,8mm e fique retido na peneira com abertura 1,2mm, identificando os torrões e grãos friáveis e

procedendo com destorroamento destes grãos e submetendo-os a novo processo de peneiramento. O calculo é baseado na fórmula:

$$\text{Material destorroado} = (\text{massa inicial} - \text{massa final após peneiramento}) / \text{massa inicial} \quad \text{Equação 3.5}$$

### 3.2.5 Ensaio de massa unitária

A massa unitária no estado solto do agregado miúdo é determinada pela NBR NM45:2006 Neste método utilizou-se um recipiente cilíndrico com volume conhecido de 20 litros, haste metálica com 16mm de diâmetro, uma pá para concreto, régua metálica, uma balança com resolução de 50 g e uma quantidade de areia seca suficiente para ocupar o volume do recipiente.

Neste ensaio, utilizou-se o método C da norma. A areia seca é adicionada sem compactação até que todo o volume do recipiente esteja ocupado, utiliza-se a régua metálica para retirar o excesso de areia sobre o recipiente e pesa-se o conjunto areia mais recipiente, o resultado é calculado segundo a expressão:

$$\rho_{ap} = (m_{ar} - m_r) \div V \quad \text{Equação 3.6}$$

Onde:

$\rho_{ap}$  - Massa unitária do agregado, em kg/m<sup>3</sup>

$m_{ar}$  - Massa da amostra mais a do recipiente, em kg

$m_r$  - Massa do recipiente vazio, em kg

$V$  - Volume do recipiente, em m<sup>3</sup>

### 3.2.6 Inchamento do agregado miúdo

O inchamento é um fenômeno que diz respeito ao agregado miúdo e pode ser descrito como a variação do volume aparente que incide sobre a massa unitária do material quando este é submetido à variação do teor da umidade. Em outras palavras, a mesma quantidade em massa de areia pode ocupar volumes maiores ou

menores, sem compactação, quando seu teor de umidade varia de uma areia seca para uma mais úmida. Quando da execução de um traço em volume é muito importante que se corrija o volume da areia na padiola bem como o seu teor de umidade, devido à grande capacidade de retenção de água por parte dos agregados miúdos.

O ensaio, de acordo com a norma NBR 6467:2008, consiste em realizar diversas medições da massa unitária em várias condições de umidade da areia a saber: 0%, 0,5%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7%, 9% e 12% e o coeficiente de inchamento é então calculado pela expressão:

$$CI = (V_h \div V_o) = [(\gamma_s \div \gamma_h) \times ((100 + h) \div 100)] \quad \text{Equação 3.7}$$

Onde:

$V_h$  - Volume do agregado com h% de umidade, em  $dm^3$

$V_o$  - Volume do agregado seco em estufa,  $dm^3$

$V_h/V_o$  - Coeficiente de inchamento

$\gamma_s$  - Massa unitária do agregado seco em estufa, em  $kg/dm^3$

$\gamma_h$  - Massa unitária do agregado com h% de umidade, em  $kg/dm^3$

h - Teor de umidade do agregado, em %

### 3.2.7 Resultados da caracterização do agregado miúdo

A Tabela 3.4 abaixo apresenta o resultado da granulometria de acordo com a NBR NM 248:2003.

Tabela 3.4 - Granulometria do agregado miúdo - NBR NM 248:2003

Abertura Das Peneiras (mm)	Massa retida (%)		Variação das % retidas ≤ 4 %	Média das massas retidas (%)	Massa retida acumulada (%)	Faixas em relação as % retidas acumuladas			
	Ensaio n° 1	Ensaio n° 2				Limites Inferiores		Limites Superiores	
						Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável	Zona Ótima
9,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	0
6,3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	7
4,75	0,6%	0,3%	0,2%	0,5%	0,5%	0	0	5	10
2,36	4,1%	3,3%	0,8%	3,7%	4,1%	0	10	20	25
1,18	10,1%	8,9%	1,2%	9,5%	13,6%	5	20	30	50
0,6	21,4%	21,4%	0,0%	21,4%	35,1%	15	35	55	70
0,3	33,4%	32,5%	0,9%	33,0%	68,0%	50	65	85	95
0,15	21,2%	23,1%	1,9%	22,1%	90,2%	85	90	95	100
Fundo	9,2%	10,5%	1,2%	Módulo de finura =	2,11	Dimensão máxima característica (mm) = 2,4			

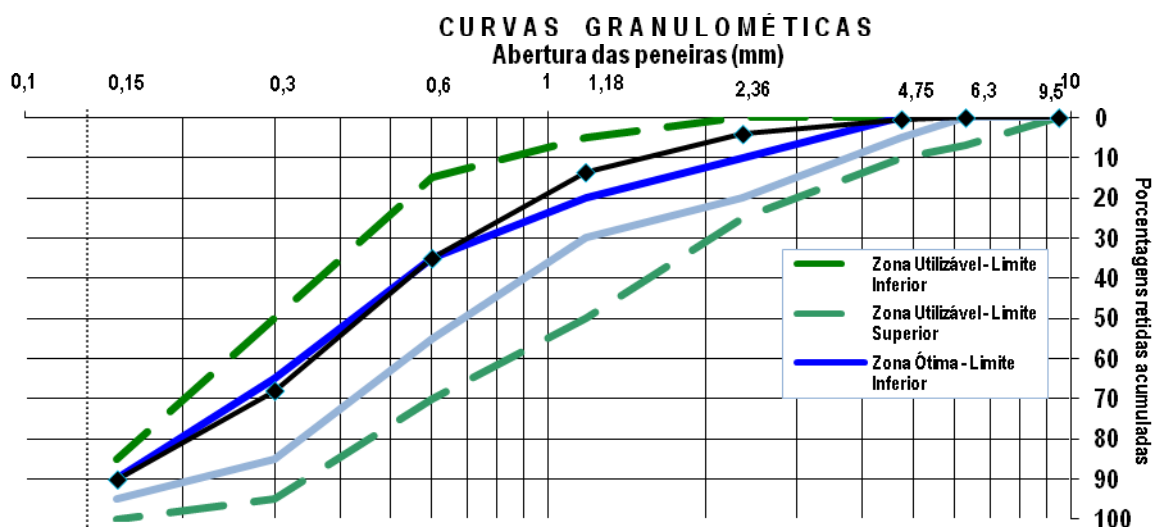


Gráfico 3.1 - Curva granulométrica do agregado miúdo

O Quadro 3.1 apresenta abaixo, apresenta o resumo dos resultados de caracterização do agregado miúdo utilizado na pesquisa.

Quadro 3.1 - Resumo dos resultados de caracterização

Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	Torrões de argila (%)	Materiais Finos (%)	Massa unitária Seca (kg/m <sup>3</sup> )	Inchamento	
				Inchamento (%)	Umidade Crítica %
<b>2,62</b>	<b>0,0</b>	<b>4,4</b>	<b>1450</b>	<b>1,23</b>	<b>3,20</b>
NBR 9776	NBR 7218	NBR NM 46	NBRNM45	NBR 6467	

### 3.3 Cimento Portland

O cimento das argamassas de assentamento e revestimento utilizados na confecção dos prismas foi o do tipo CII F 32, fornecidos em sacos de 50kg e adquiridos em armazém na Região Metropolitana do Recife. Suas características estão dispostas no Quadro 3.2 fornecido pela fábrica de cimento CIMPOR, com valores de referência datados da época dos ensaios desta pesquisa.



Quadro 3.2 - Valores médios de caracterização do cimento

Ensaio	Método	Resultado	Especificação
Finura #75 $\mu$ m (%)	NBR11579	2,1	$\leq 12$
Superfície específica (cm <sup>2</sup> /g)	NBRNM76	4955	$\geq 2600$
Início de pega (min)	NBRNM65	182	$\geq 60$
Fim de pega (min)	NBRNM65	254	$\leq 600$
Expansibilidade (mm)	NBR11582	0	$\leq 5$
Resistência à compressão (MPa)	NBR7215	21,1 (3d)	$\geq 10,0$
		26,3 (7d)	$\geq 20,0$
		34,7 (28d)	$\geq 32,0$
Óxido de Magnésio - MgO (%)	FRXPA	5,7	$\leq 6,5$
Anidrido sulfúrico - SO <sub>3</sub> - (%)	FRXPA	2,84	$\leq 4,0$
Oxido de cálcio livre - CaO (Livre) - (%)	FRXPA	1,40	X

### 3.4 Cal Hidratada

A cal utilizada para compor a argamassa (assentamento e revestimento) foi a do tipo CHII, da Fabricante Dolomil, fornecida em sacos de 20 kg, cujas características podemos observar no Quadro 3.3, fornecido pelo controle de qualidade da Indústria Dolomil.

Quadro 3.3 - Valores médios de caracterização da cal

Ensaio	Resultado	Especificação
Umidade (110 °C) - %	0,75	X
Perda ao fogo (1000 °C) - %	27,35	X
Anidrido carbônico - %	3,60	$\leq 7,0$
Anidrido sulfúrico - %	0,03	X
Óxido de cálcio total - %	42,38	X
Óxido de magnésio - %	27,23	X
CaO + MgO não hidratados - %	2,71	$\leq 15,0$
Óxidos totais na base de não voláteis - %	95,82	$\geq 88,0$
Retenção de água - %	97,64	$\geq 75,0$
Tamanho de partículas - %	(+) 0,600 mm	$\leq 0,5$
	(+) 0,075 mm	$< 15,0$

### 3.5 Argamassas de chapisco, assentamento e revestimento

As argamassas utilizadas nesta pesquisa passaram por um processo de análise na qual foram investigadas as suas propriedades tanto no estado fresco como no estado endurecido, diversificando os traços (cimento : cal : areia) em quatro tipos. A Tabela 3.5 mostra os tipos de argamassas estudadas bem como as suas aplicações.

Tabela 3.5 - Argamassas estudadas

Aplicação	Traço
Assentamento	1 : 1 : 6
Chapisco	1 : 3
Revestimento	1 : 0,5 : 4,5
Revestimento	1 : 1 : 6
Revestimento	1 : 2 : 9

#### 3.5.1 Argamassas no estado fresco

As argamassas quando no estado fresco foram caracterizadas através dos ensaios de consistência e através do ensaio de densidade. A consistência da argamassa pode ser avaliada através dos procedimentos descritos na norma NBR7215:2006 em seu anexo B, permitindo verificar o grau de plasticidade com o auxílio de uma mesa de consistência (“Flow Table”), conforme Figura 3.20.



Figura 3.20 - Avaliação da consistência

As amostras são submetidas a sucessivas quedas de uma altura pré-estabelecida, de forma que, quanto mais plástica a argamassa, maior é o seu diâmetro final.

Uma argamassa pode ser considerada seca quando o índice de consistência (flow table) é inferior a 250 mm (ex. argamassa para contra piso). São consideradas plásticas as argamassas cujo índice de consistência está entre 260 e 300 mm (ex. argamassa de emboço). Por fim, são consideradas fluidas as argamassas cujo índice de consistência é superior a 360 mm (ex. chapisco). Os resultados foram dispostos na Tabela 3.6 seguinte.

Tabela 3.6 - Valores dos índices de consistência

Argamassa	Traço	Leitura 1	Leitura 2	Leitura 3	Média (mm)
Assentamento	1:1:6	270	274	255	266
Chapisco	1:3	301	311	304	305
Revestimento	1:2:9	292	310	303	302
Revestimento	1:1:6	295	318	305	306
Revestimento	1:0,5:4,5	296	287	304	296

### 3.5.2 Argamassas no estado endurecido

As argamassas no estado endurecido foram caracterizadas através dos ensaios de:

- resistência à compressão axial, NBR5738:2004.
- resistência à tração por compressão diametral NBR7222:1994

Para a determinação da resistência à compressão axial foram confeccionados seis corpos-de-prova cilíndricos, para cada traço de argamassa, nas dimensões 5 cm x 10 cm (diâmetro x altura) que foram curados por um período de 28 dias e então capeados com mistura de cimento e enxofre para nivelamento das faces, antes da realização dos ensaios de resistência, como se pode observar na Figura 3.21 e Figura 3.22.

Para a realização dos ensaios de resistência à compressão, tanto axial como diametral, foram utilizadas as instalações do Laboratório de Concreto do ITEP –

Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, onde foi utilizada uma Máquina servo-hidráulica microprocessada para ensaios, e os resultados se encontram dispostos da Tabela 3.7 a Tabela 3.10, bem como no Gráfico 3.2.



Figura 3.21 - Moldagem e ruptura das argamassas

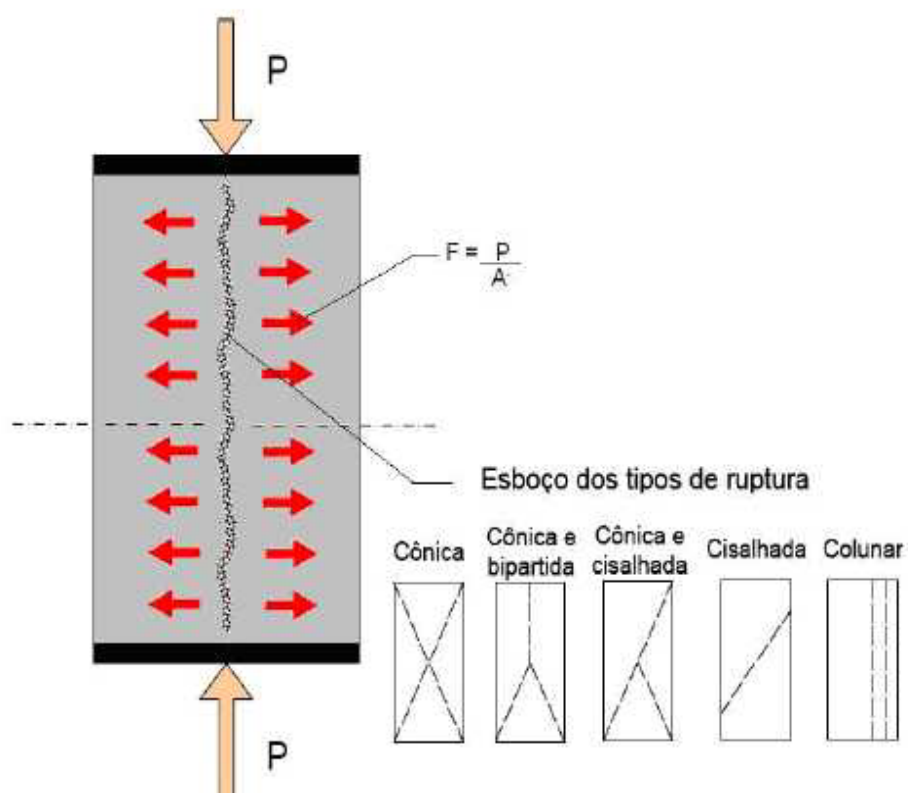


Figura 3.22 - Esquema do ensaio de ruptura (Fonte: Andrade, 2007)

Tabela 3.7 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:1:6

Argamassa	CP	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)	
Assentamento traço 1:1:6	1	19,625	14,77	7,5	
	2	19,625	12,09	6,2	
	3	19,625	13,39	6,8	
	4	19,625	8,67	4,4	
	5	19,625	13,09	6,7	
	6	19,625	14,66	7,5	
	Resistência média à compressão				6,5
	Desvio Padrão				1,1
	Coeficiente de variação (%)				18

Tabela 3.8 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:3

Argamassa	CP	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)	
Chapisco (1:3)	1	19,625	60,16	30,7	
	2	19,625	60,06	30,6	
	3	19,625	61,08	31,1	
	4	19,625	58,66	29,9	
	5	19,625	57,97	29,5	
	6	19,625	60,15	30,6	
	Resistência média à compressão				30,4
	Desvio Padrão				0,6
	Coeficiente de variação (%)				2

Tabela 3.9 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:0,5:4,5

Argamassa	CP	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)	
Revestimento (1:0,5:4,5)	1	19,625	9,95	5,1	
	2	19,625	11,92	6,1	
	3	19,625	8,98	4,6	
	4	19,625	11,43	5,8	
	5	19,625	10,40	5,3	
	6	19,625	11,00	5,6	
	Resistência média à compressão				5,4
	Desvio Padrão				0,5
	Coeficiente de variação (%)				10

Tabela 3.10 - Ensaios de resistência à compressão axial traço 1:2:9

Argamassa	CP	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)
Revestimento (1:2:9)	1	19,625	6,22	3,2
	2	19,625	5,55	2,8
	3	19,625	5,54	2,8
	4	19,625	6,18	3,1
	5	19,625	5,74	2,9
	6	19,625	4,23	2,2
	Resistência média à compressão			2,8
	Desvio Padrão			0,4
	Coeficiente de variação (%)			13

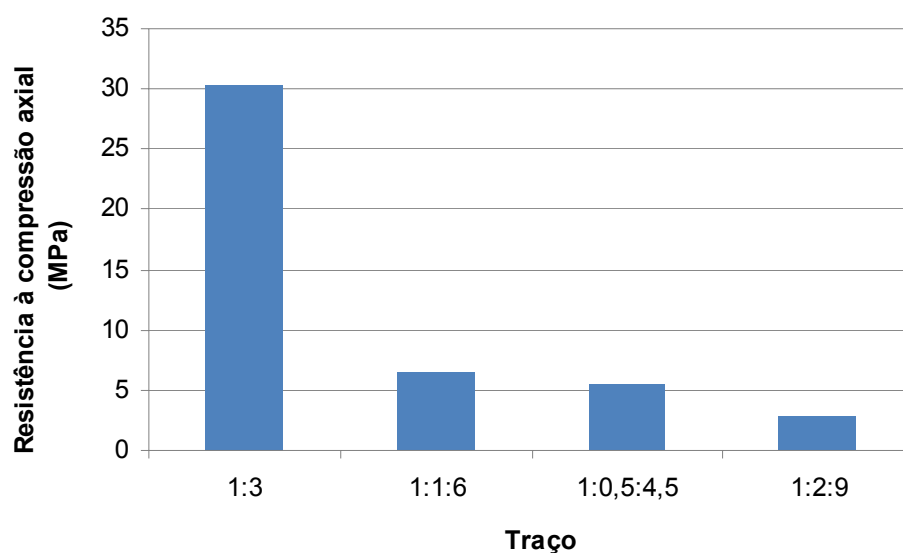


Gráfico 3.2 - Valores médios de resistência à compressão axial

Para a realização dos ensaios de resistência à tração por compressão diametral, foram utilizados os procedimentos descritos na norma NBR 7222:1994, que estabelece a confecção de seis corpos-de-prova, da mesma forma em que foram moldados e curados para os ensaios de resistência à compressão axial.

No ensaio de compressão diametral os corpos-de-prova são posicionados de forma que o contato entre os pratos da máquina de ensaio e os corpos-de-prova dê somente ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas ao corpo-de-prova. As Figura 3.23 ilustra o ensaio e as Tabelas 3.11 a 3.14 apresentam seus resultados.



Figura 3.23 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Tabela 3.11 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral traço 1:1:6

Argamassa	CP	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)	
Assentamento e revestimento (1:1:6)	1	19,625	7,80	1,0	
	2	19,625	7,00	0,9	
	3	19,625	8,10	1,0	
	4	19,625	5,00	0,6	
	5	19,625	7,90	1,0	
	6	19,625	5,30	0,7	
	Resistência média			6,85	0,9
	Desvio Padrão			1,37	0,2
	Coeficiente de variação (%)			20	20

Tabela 3.12 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral traço 1:3

Argamassa	CP	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)	
Chapisco (1:3)	1	19,625	8,80	1,1	
	2	19,625	23,00	2,9	
	3	19,625	20,70	2,6	
	4	19,625	23,10	2,9	
	5	19,625	28,80	3,7	
	6	19,625	25,80	3,3	
	Resistência média			21,70	2,8
	Desvio Padrão			6,90	0,9
	Coeficiente de variação (%)			32	32

Tabela 3.13 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral traço 1:0,5:4,5

Argamassa	CP	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)	
Revestimento (1:0,5:4,5)	1	19,625	8,00	1,0	
	2	19,625	6,60	0,8	
	3	19,625	5,60	0,7	
	4	19,625	5,40	0,7	
	5	19,625	6,20	0,8	
	6	19,625	7,10	0,9	
	Resistência média			6,48	0,8
	Desvio Padrão			0,97	0,1
	Coeficiente de variação (%)			15	15

Tabela 3.14 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral traço 1:2:9

Argamassa	CP	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa)	
Revestimento (1:2:9)	1	19,625	3,80	0,5	
	2	19,625	4,90	0,6	
	3	19,625	5,30	0,7	
	4	19,625	9,70	1,2	
	5	19,625	8,10	1,0	
	6	19,625	7,10	0,9	
	Resistência média			6,48	0,8
	Desvio Padrão			2,21	0,3
	Coeficiente de variação (%)			34	34

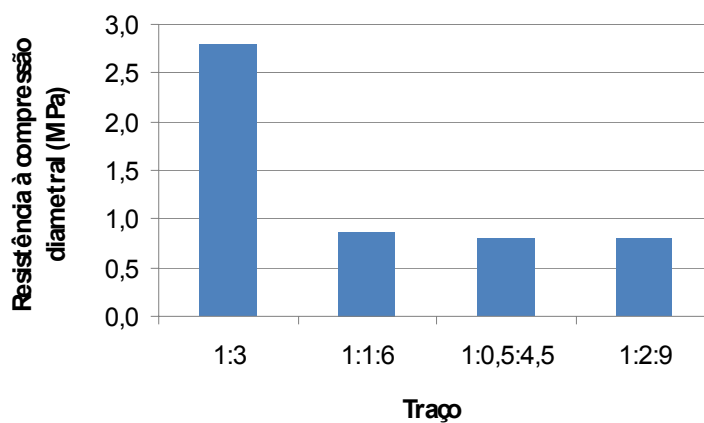


Gráfico 3.3 - Valores médios de resistência à tração por compressão diametral



### 3.6 Execução dos prismas

No total foram confeccionados e ensaiados 135 prismas compostos por três blocos cerâmicos e 60 prismas compostos por dois blocos cerâmicos. A confecção dos prismas foi realizada nas seguintes etapas: assentamento dos blocos, aplicação de chapisco, aplicação da camada de revestimento, fixação dos conectores, aplicação de argamassa armada com tela. Foram obedecidos os períodos de cura das argamassas aplicadas.

Todos os blocos foram assentados com argamassa com 1 cm de espessura, conforme indicado na Figura 3.24, a seguir. Em todos os prismas confeccionados, os blocos foram obtidos de um mesmo fornecedor e a argamassa de assentamento foi sempre a mesma. A carga a que os prismas foram submetidos foi exclusivamente compressiva.



Figura 3.24 - Argamassa de assentamento com 1 cm de espessura

As seguintes tipologias de prismas foram ensaiadas:

- Prismas não revestidos com 2 e 3 blocos (PNR.2 e PNR.3);
- Prismas chapiscados com 3 blocos (PC.3);
- Prismas revestidos com 3,0 cm de argamassa com traço 1:2:9 (fraco) com 2 e 3 blocos (PCRFr3.2 e PCRFr3.3);
- Prismas revestidos com 3,0 cm de argamassa com traço 1:1:6 (médio) com 2 e 3 blocos (PCRM3.2 e PCRM3.3);
- Prismas revestidos com 3,0 cm de argamassa com traço 1:0,5:4,5 (forte) 3 blocos (PCRF3.3);
- Prismas revestidos com 1,5 cm de argamassa com traço 1:2:9 (fraco) com 3 blocos (PCRFr1,5.3);
- Prismas revestidos com 3,0 cm de argamassa com traço 1:2:9 (fraco) com 3 blocos com capa de reforço adicional de argamassa armada com tela de aço nervuradas soldadas e conectores (PRFr3.3C);
- Prismas revestidos com 3,0 cm de argamassa com traço 1:1:6 (médio) com 2 e 3 blocos com capa de reforço adicional de argamassa armada com tela de aço nervuradas soldadas e conectores (PRM3.2C e PRM3.3C);
- Prismas revestidos com 1,5 cm de argamassa com traço 1:2:9 (fraco) com 3 blocos com capa de reforço adicional de argamassa armada com tela de aço nervuradas soldadas e conectores (PRFr1,5.3C);

A Tabela 3.15 resume todas as tipologias e quantidades de prismas confeccionados de acordo com suas diversidades.

Tabela 3.15 - Sistemas construtivos dos prismas

Tipo	Quantidade de prismas (unid.)	argamassa de assentamento (traço em volume)	Chapisco (traço em volume)	Argamassa de revestimento (traço em volume)	Espessura do revestimento (cm)	Quantidade de blocos (unid.)	Reforço
PNR.2	15	1:1:6	-	-	-	2	n
PNR.3	15	1:1:6	-	-	-	3	n
PC.3	15	1:1:6	1:3	-	-	3	n
PCRFr3.2	15	1:1:6	1:3	1:2:9	3	2	n
PCRFr3.3	15	1:1:6	1:3	1:2:9	3	3	n
PCRM3.2	15	1:1:6	1:3	1:1:6	3	2	n
PCRM3.3	15	1:1:6	1:3	1:1:6	3	3	n
PCRf3.3	15	1:1:6	1:3	1:0,5:4,5	3	3	n
PCRFr1,5.3	15	1:1:6	1:3	1:2:9	1,5	3	n
PCRFr3.3C	15	1:1:6	1:3	1:2:9	6	3	s
PCRM3.2C	15	1:1:6	1:3	1:1:6	6	2	s
PCRM3.3C	15	1:1:6	1:3	1:1:6	6	3	s
PCRFr1,5.3C	15	1:1:6	1:3	1:2:9	4,5	3	s

A etapa seguinte foi a aplicação do chapisco. Todos os prismas foram inicialmente revestidos com uma camada de chapisco com espessura de 0,5 cm no traço 1:3, à exceção dos prismas sem revestimento, também chamados de prismas nus. A Figura 3.25 demonstra o processo de aplicação do chapisco.



Figura 3.25 - Aplicação do chapisco

Depois de transcorridas 24 horas desta aplicação, um grupo 30 de prismas recebeu uma camada de revestimento de 1,5 cm de cada lado e outro grupo de 120 prismas recebeu uma camada de 3,0 cm de revestimento de cada lado. Para facilitar o controle das espessuras do revestimento foram utilizados gabaritos com compensado para realização do acabamento, de acordo com a Figura 3.26 seguinte.



Figura 3.26 -Aplicação da camada de revestimento

Os prismas confeccionados foram submetidos a processo de cura em condições naturais (temperatura ambiente) por um período mínimo de 28 dias. A confecção dos prismas foi realizada no anexo Laboratório de Tecnologia Habitacional do ITEP, onde também foram cuidadosamente armazenados ficando protegidos até completarem o período necessário de cura.

A confecção dos prismas reforçados com telas interligadas através de conectores de aço foi realizada com vistas a avaliar a influência do possível reforço para este tipo de alvenaria. Isto foi efetuado porque se observou em pesquisas anteriores que os prismas com tela no interior da argamassa (sem conectores), depois de romperem, freqüentemente exibiam um comportamento similar a uma ruptura por flambagem das capas de revestimento, que trabalhavam de maneira isolada. A incorporação de conectores ligando as duas malhas deveria, então, possibilitar um trabalho solidário das duas camadas de reforço, aspecto que deveria melhorar a capacidade de carga do prisma.

Foram confeccionados inicialmente obedecendo ao mesmo roteiro estabelecido para os prismas com revestimento de 3,0 cm e sem tela, que foram

revestidos em uma única etapa por meio de gabaritos de madeira para melhor controle da espessura da argamassa.

Transcorrida esta etapa e após um período de cura de 28 dias, foram realizados furos transversais nos prismas por onde foram introduzidos os conectores de aço para fixação das telas sobre a superfície do revestimento. Completada esta operação, a segunda camada de argamassa de revestimento foi aplicada sobre a tela, deixando-a completamente envolvida pela mesma e o produto final se constituiu numa camada resistente com espessura de 6,0 cm, como mostra a Figura 3.27 abaixo.



Figura 3.27 - Prismas com conectores e telas de reforço

Todos os prismas foram capeados com pasta de cimento no topo e na base com a finalidade de reparar algumas irregularidades existentes nestas superfícies, tornando-as planas. A duas superfícies laterais foram pintadas com cal apropriada, como observado na Figura 3.28



Figura 3.28 - Capeamento e pintura dos prismas

#### Dispositivos de apoio dos deflectômetros

Para a realização das leituras dos deflectômetros mecânicos foram fabricadas 400 chapas metálicas em formato de L com 6 cm de altura por 2 cm de largura (ver Figura 3.29 e Figura 3.30) que serviram como base de apoio dos deflectômetros. Foram fixados aos prismas previamente, no terço médio de seu comprimento, através de colagem utilizando massa plástica à base de coupound, em uma distância suficiente para permitir o curso livre dos deflectômetros, ficando então todos os prismas prontos para a realização dos ensaios de compressão, como observado na Figura 3.31 seguinte.



Figura 3.29 - Placa de apoio superior



Figura 3.30 - Placa de apoio inferior



Figura 3.31 - Prismas com base de apoio dos deflectômetros colada

### **3.7 Descrição das Instalações e equipamentos**

A realização dos ensaios de todos os prismas foi efetuada no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) que disponibilizou o Laboratório de Tecnologia Habitacional (LTH) e todas as suas instalações para a realização do plano de trabalho, desde a confecção, armazenamento e ruptura dos prismas, conforme podemos observar na Figura 3.32.



Figura 3.32 - Laboratório de Tecnologia Habitacional do ITEP e seu anexo

#### Local de construção e armazenamento dos prismas

O local destinado à construção e armazenamento dos prismas se deu em um galpão anexo ao Laboratório de Tecnologia Habitacional, e sua estrutura é composta de uma área coberta com telhas de alumínio apoiada sobre uma estrutura metálica treliçada com as laterais abertas, com uma grande área de trabalho e ao abrigo da chuva, o que possibilitou totais condições para que todas as etapas fossem realizadas sem grandes percalços. A Figura 3.33 demonstra as instalações bem como a disposição do laboratório e seu anexo.



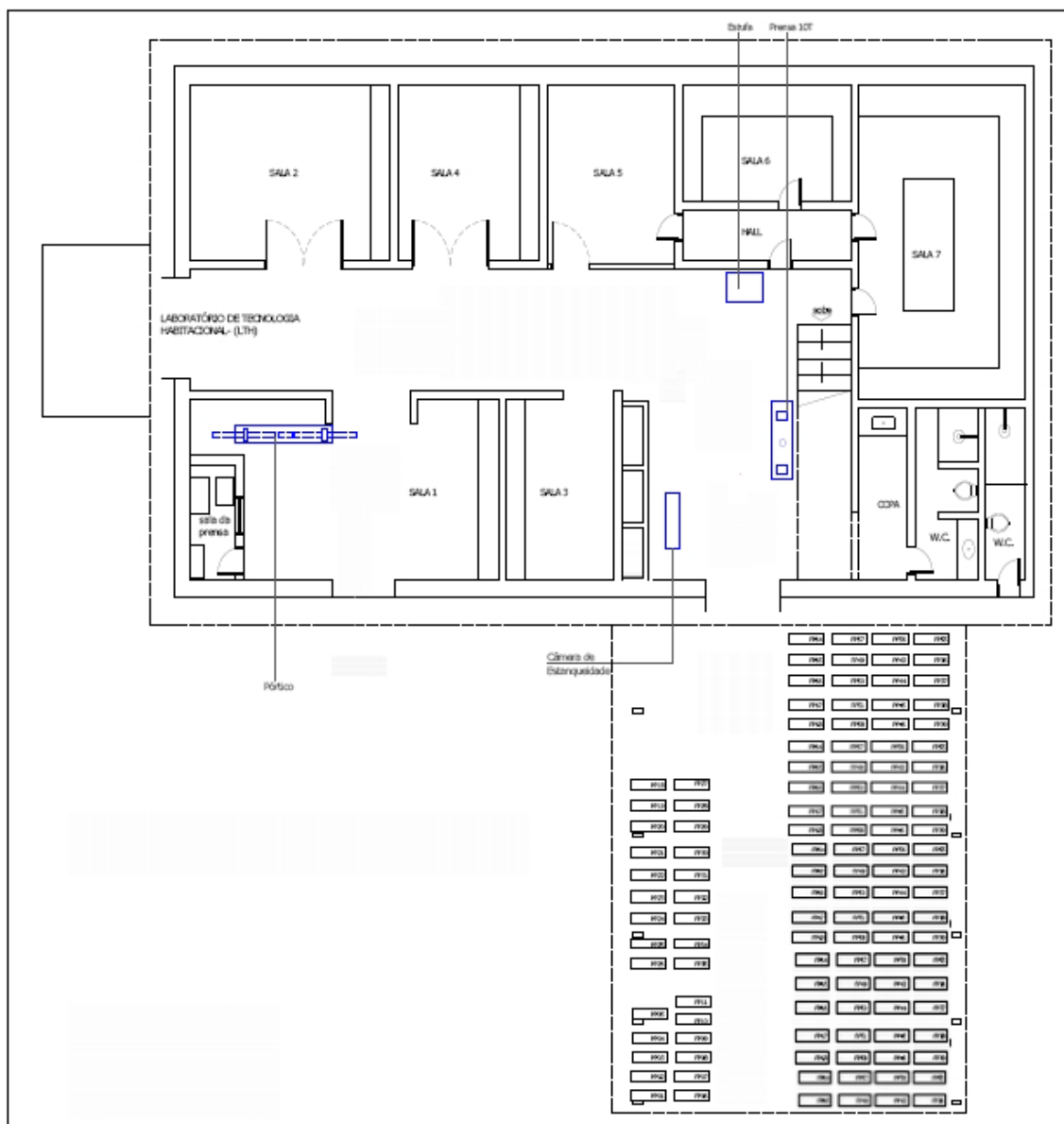


Figura 3.33 - Planta do laboratório

### Pórtico de Reação

Os ensaios de compressão dos prismas foram efetuados no Pórtico de Reação do Laboratório de Tecnologia Habitacional que dispunha de curso livre adequado para realização dos ensaios com os prismas, como podemos verificar na Figura 3.34. e Figura 3.35.



Figura 3.34 - Pórtico de reação

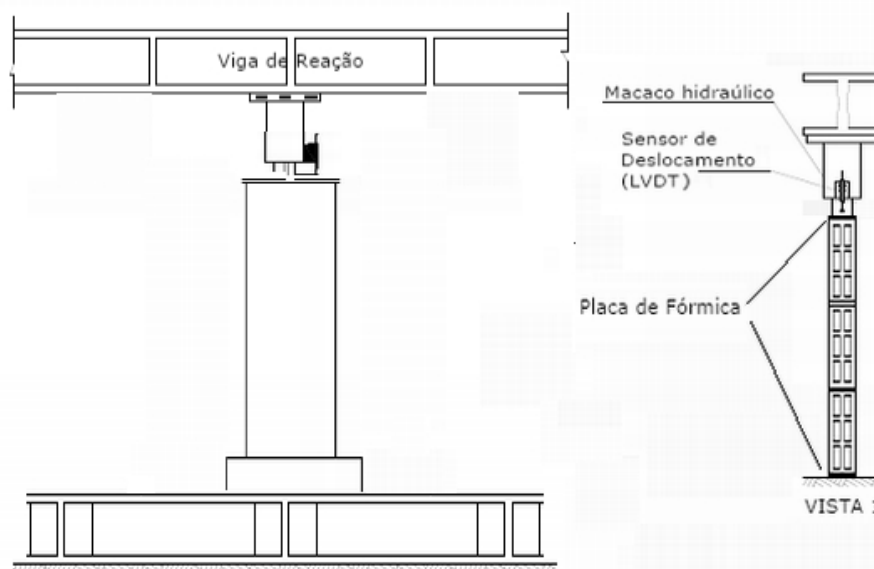


Figura 3.35 - Esquema de posicionamento dos prismas

### Mecanismo de Transporte

Como o local em que se encontrava o dispositivo de aplicação de cargas diferia do local onde os prismas foram confeccionados, foi preciso utilizar um carrinho para transportar os prismas individualmente e de maneira a não promover choques ou qualquer outro esforço que pudesse comprometer a estrutura dos

prismas. Os prismas foram transportados na posição vertical e postos em posição no quadro de reação de acordo com a Figura 3.36.

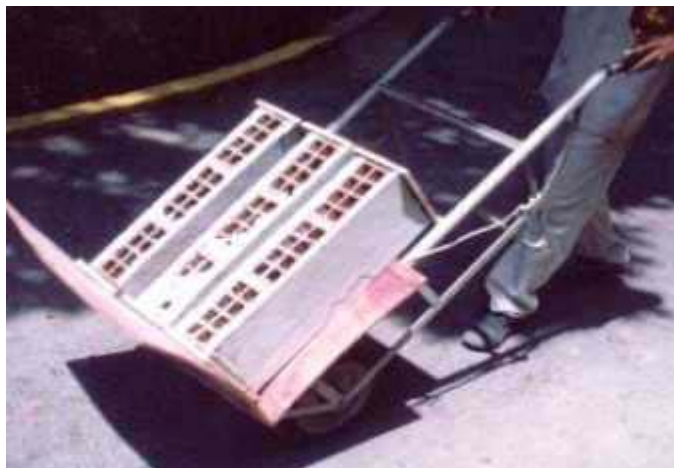


Figura 3.36 - Carrinho de transporte

### Macacos

Os macacos hidráulicos possuíam curso do pistão de 200 mm e capacidade de carga de 50 ton. Isto permitiu que apenas um macaco fosse suficiente para aplicar a carga necessária para ruptura dos prismas, como mostrado na Figura 3.37.



Figura 3.37 - Macacos utilizados na aplicação de carga

## Gabinete para acionamento dos macacos

Este Gabinete para acionamento das cargas, Figura 3.38, possui um sistema de trabalho servo-hidráulico e está conectado aos sensores de deslocamento linear (LVDT). O controle do incremento de deslocamentos do êmbolo dos macacos possibilita não só acompanhar o trecho pós-fissuração e pós-ruptura localizada, bem como a forma da curva de reabilitação das amostras frente à manutenção ou acréscimo de deslocamento. Este equipamento servo-controlado é comandado por software, traçando gráficos on-line, tempo x deslocamento ou tempo x carga, com controle perfeito tanto do incremento do deslocamento como o incremento de carga.



Figura 3.38 - Gabinete de acionamento dos macacos

## Sensores de deslocamentos

A medida do deslocamento foi um item que mereceu atenção especial. Nesta pesquisa promovemos duas maneiras distintas, porém simultâneas, de medição dos deslocamentos. A primeira utilizou dois sensores de deslocamentos, ou LVDT's (Linear Variable Differential Transformer), um tipo particular de sensor de relutância variável, conforme Figura 3.39.

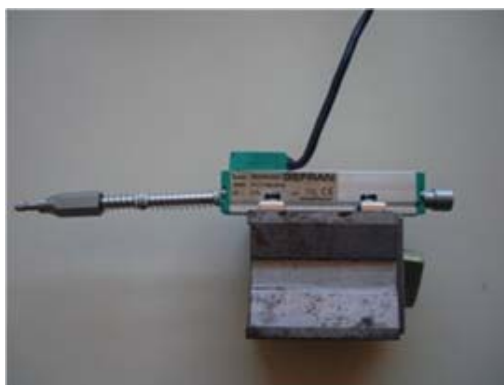


Figura 3.39 – LVDT

A segunda forma de medição dos deslocamentos, veio da necessidade de se comparar as medidas realizadas pelo LVDT, que levava em consideração todo o comprimento do prisma junto com a deformação da madeira, com medidas oriundas de parte das seções do comprimento dos prismas. Vários procedimentos foram testados. Foi decidido pela medição do terço médio. Desta maneira, foram dispostos em cada uma das laterais do prisma duas placas metálicas coladas previamente e que serviam como suporte para os extensômetros mecânicos, conforme podemos visualizar na Figura 3.40.



Figura 3.40 - Deflectômetro

### 3.8 Resultados de resistência à compressão dos prismas

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos prismas foram condensados em tabelas de 3.16 a 3.30 e gráficos de 3.4 a 3.18 que são apresentados a seguir:

Tabela 3.16 - Resultados dos prismas não revestidos – 2 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma não revestidos com 2 blocos	PNR.2-1	9 x 19	171	7,75
	PNR.2-2	9 x 19	171	13,91
	PNR.2-3	9 x 19	171	6,98
	PNR.2-4	9 x 19	171	10,26
	PNR.2-5	9 x 19	171	10,05
	PNR.2-6	9 x 19	171	7,03
	PNR.2-7	9 x 19	171	7,31
	PNR.2-8	9 x 19	171	5,94
	PNR.2-9	9 x 19	171	11,55
	PNR.2-10	9 x 19	171	17,07
	PNR.2-11	9 x 19	171	9,08
	PNR.2-12	9 x 19	171	X
	PNR.2-13	9 x 19	171	X
	PNR.2-14	9 x 19	171	X
	PNR.2-15	9 x 19	171	X
	Média			9,72
	Desvio Padrão			3,38
	Coefficiente de Variação (%)			35

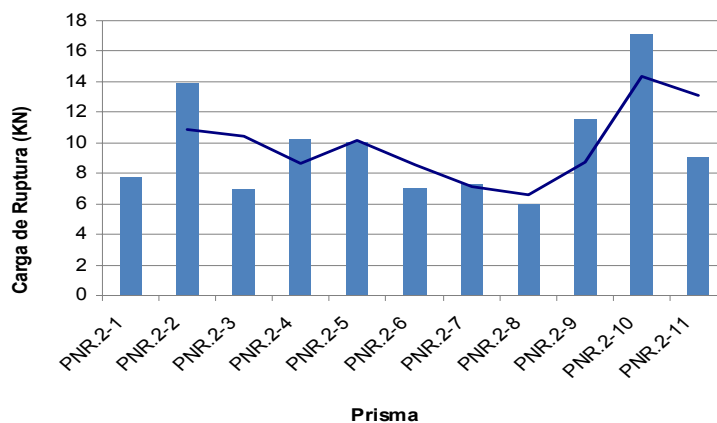


Gráfico 3.4 - Prismas não revestidos – 2 blocos

Tabela 3.17 - Resultados dos prismas revestimento 3cm traço 1:2:9 – 2 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 3cm traço 1:2:9 2 blocos	PCRFr3.2-1	15 x 19	285	26,16
	PCRFr3.2-2	15 x 19	285	34,16
	PCRFr3.2-3	15 x 19	285	56,18
	PCRFr3.2-4	15 x 19	285	64,64
	PCRFr3.2-5	15 x 19	285	37,11
	PCRFr3.2-6	15 x 19	285	40,73
	PCRFr3.2-7	15 x 19	285	40,40
	PCRFr3.2-8	15 x 19	285	59,42
	PCRFr3.2-9	15 x 19	285	63,70
	PCRFr3.2-10	15 x 19	285	53,29
	PCRFr3.2-11	15 x 19	285	45,74
	PCRFr3.2-12	15 x 19	285	42,72
	PCRFr3.2-13	15 x 19	285	54,37
	PCRFr3.2-14	15 x 19	285	75,50
	PCRFr3.2-15	15 x 19	285	62,34
		Média		
	Desvio Padrão			13,61
	Coeficiente de Variação (%)			27

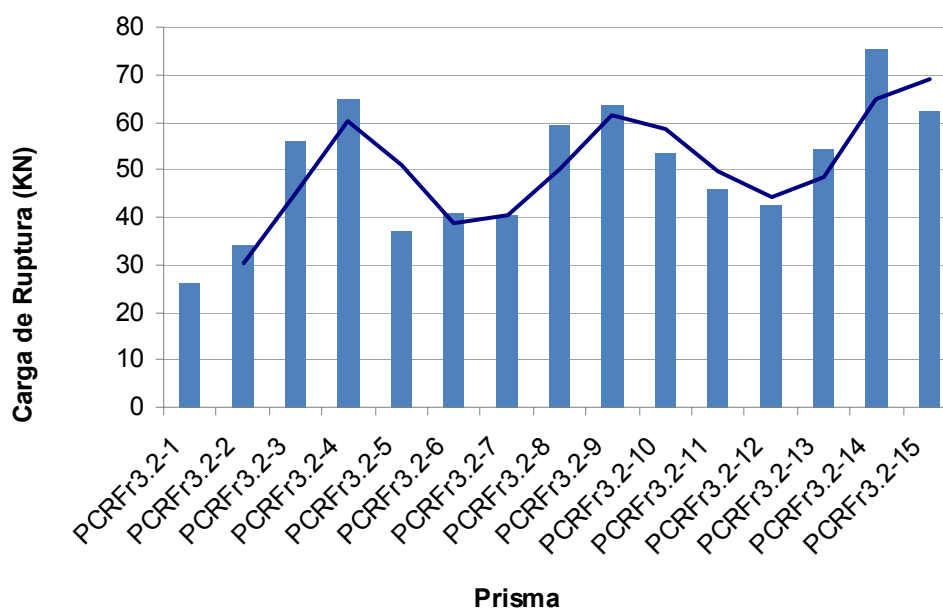


Gráfico 3.5 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:2:9 – 2 blocos

Tabela 3.18 - Resultados dos prismas revestimento 3cm traço 1:1:6 – 2 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 3cm traço 1:1:6 2 blocos	PCRM3.2-1	15 x 19	285	35,77
	PCRM3.2-2	15 x 19	285	58,34
	PCRM3.2-3	15 x 19	285	30,02
	PCRM3.2-4	15 x 19	285	58,47
	PCRM3.2-5	15 x 19	285	49,47
	PCRM3.2-6	15 x 19	285	38,80
	PCRM3.2-7	15 x 19	285	61,79
	PCRM3.2-8	15 x 19	285	45,65
	PCRM3.2-9	15 x 19	285	25,12
	PCRM3.2-10	15 x 19	285	34,61
	PCRM3.2-11	15 x 19	285	57,68
	PCRM3.2-12	15 x 19	285	52,38
	PCRM3.2-13	15 x 19	285	34,66
	PCRM3.2-14	15 x 19	285	59,95
	PCRM3.2-15	15 x 19	285	39,38
	Média			45,47
	Desvio Padrão			12,21
	Coeficiente de Variação (%)			27

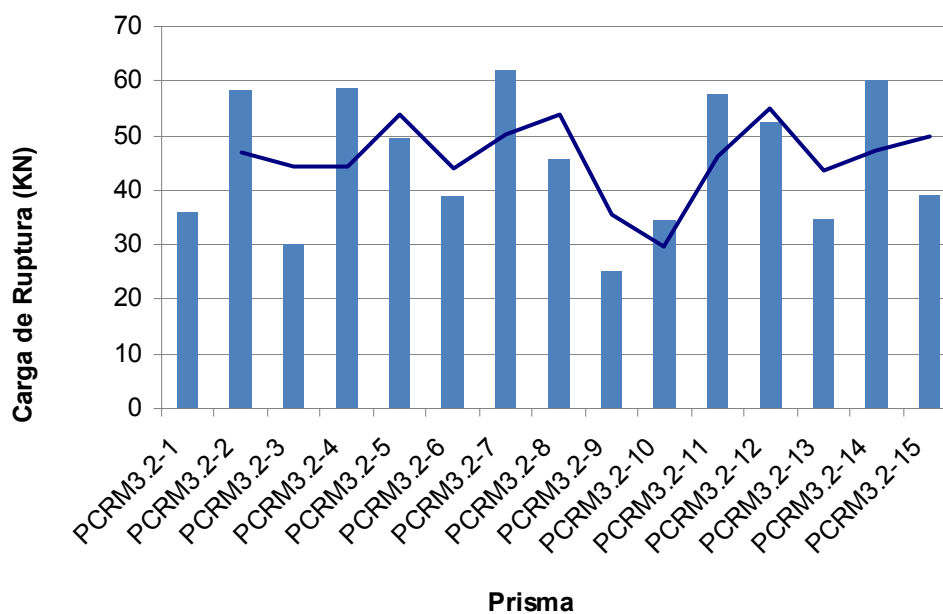


Gráfico 3.6 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:1:6 – 2 blocos



Tabela 3.19 - Resultados dos prismas revestimento 3cm traço 1:1:6 com reforço – 2 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 3cm traço 1:1:6 com reforço - 2 blocos	PCRM3.2C-1	21 x 19	399	112,01
	PCRM3.2C-2	21 x 19	399	131,12
	PCRM3.2C-3	21 x 19	399	117,57
	PCRM3.2C-4	21 x 19	399	85,25
	PCRM3.2C-5	21 x 19	399	125,62
	PCRM3.2C-6	21 x 19	399	134,13
	PCRM3.2C-7	21 x 19	399	127,53
	PCRM3.2C-8	21 x 19	399	140,47
	PCRM3.2C-9	21 x 19	399	128,01
	PCRM3.2C-10	21 x 19	399	128,88
	PCRM3.2C-11	21 x 19	399	136,21
	PCRM3.2C-12	21 x 19	399	131,68
	PCRM3.2C-13	21 x 19	399	85,14
	PCRM3.2C-14	21 x 19	399	118,94
	PCRM3.2C-15	21 x 19	399	108,37
		Média		
	Desvio Padrão			16,89
	Coeficiente de Variação (%)			14

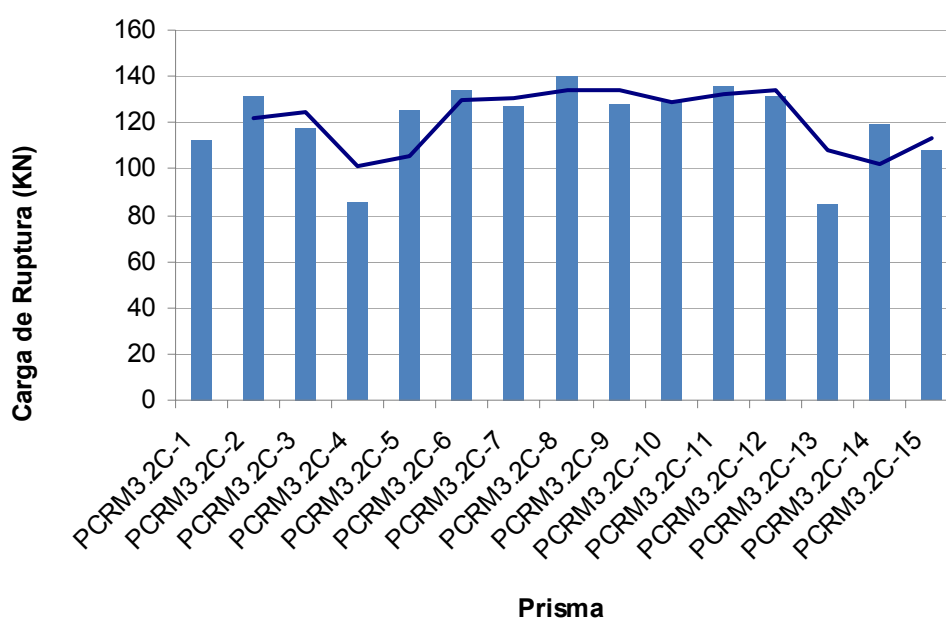


Gráfico 3.7 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:1:6 com reforço – 2 blocos

Tabela 3.20 - Resultados dos prismas não revestidos – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma não revestidos - 3 blocos	PNR.3-1	9 x 19	171	9,59
	PNR.3-2	9 x 19	171	10,27
	PNR.3-3	9 x 19	171	11,96
	PNR.3-4	9 x 19	171	8,09
	PNR.3-5	9 x 19	171	10,27
	PNR.3-6	9 x 19	171	8,85
	PNR.3-7	9 x 19	171	8,42
	PNR.3-8	9 x 19	171	11,63
	PNR.3-9	9 x 19	171	12,47
	PNR.3-10	9 x 19	171	6,78
	PNR.3-11	9 x 19	171	6,08
	PNR.3-12	9 x 19	171	X
	PNR.3-13	9 x 19	171	X
	PNR.3-14	9 x 19	171	X
	PNR.3-15	9 x 19	171	X
	Média			9,49
	Desvio Padrão			2,08
	Coefficiente de Variação (%)			22

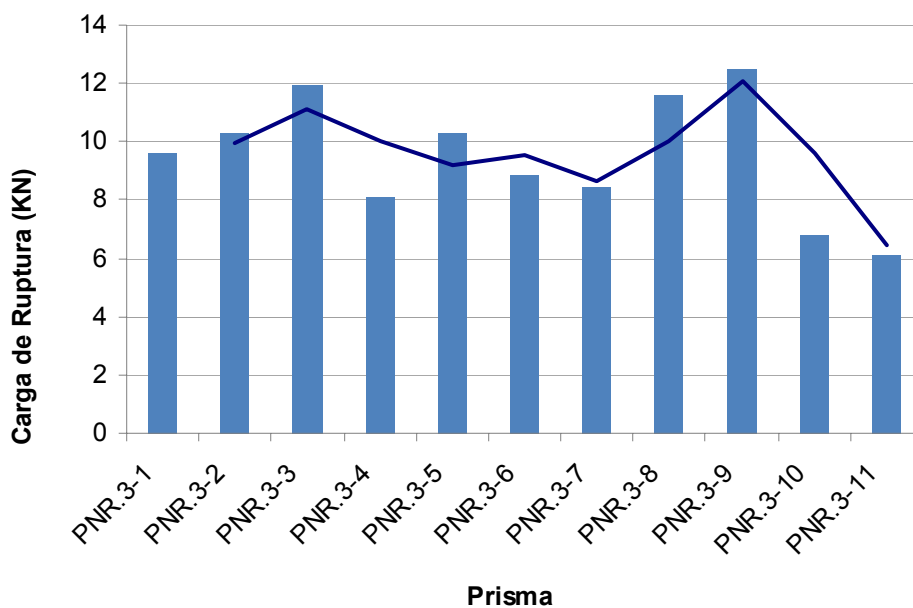


Gráfico 3.8 - Prismas não revestidos – 3 blocos

Tabela 3.21 - Resultados dos prismas chapiscado – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do bloco (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma chapiscado - 3 blocos	PC.3-1	10 x 19	190	29,63
	PC.3-2	10 x 19	190	16,17
	PC.3-3	10 x 19	190	23,73
	PC.3-4	10 x 19	190	20,13
	PC.3-5	10 x 19	190	7,24
	PC.3-6	10 x 19	190	7,02
	PC.3-7	10 x 19	190	18,82
	PC.3-8	10 x 19	190	17,71
	PC.3-9	10 x 19	190	16,33
	PC.3-10	10 x 19	190	19,00
	PC.3-11	10 x 19	190	21,93
	PC.3-12	10 x 19	190	14,46
	PC.3-13	10 x 19	190	20,99
	PC.3-14	10 x 19	190	19,61
		Média		
	Desvio Padrão			5,92
	Coefficiente de Variação (%)			33

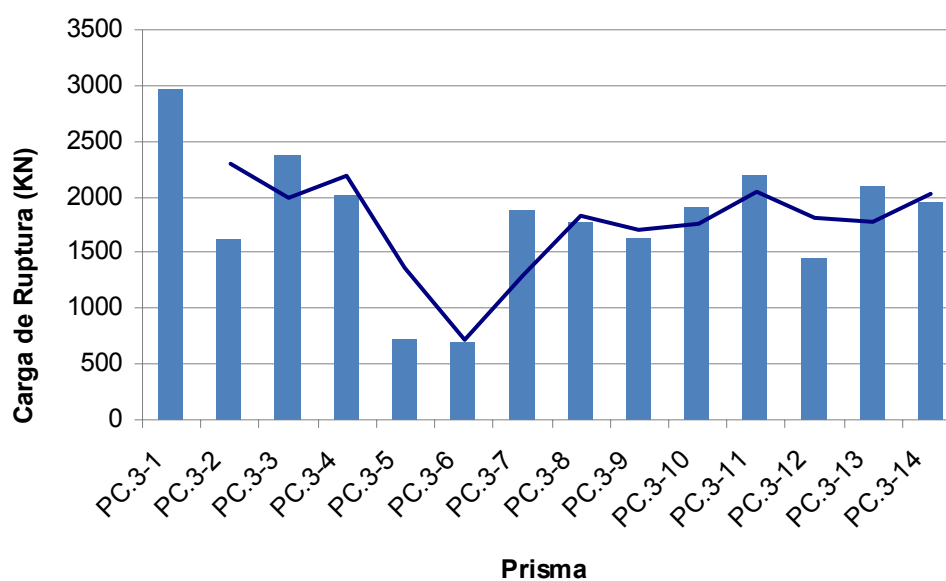


Gráfico 3.9 - Prismas chapiscado – 3 blocos

Tabela 3.22 – Resultados dos prismas com revestimento 1,5 cm e traço 1:2:9 – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 1,5cm traço 1:2:9 3 blocos	PCRFr1,5.3-1	12 x 19	228	43,33
	PCRFr1,5.3-2	12 x 19	228	21,26
	PCRFr1,5.3-3	12 x 19	228	48,30
	PCRFr1,5.3-4	12 x 19	228	36,44
	PCRFr1,5.3-5	12 x 19	228	34,24
	PCRFr1,5.3-6	12 x 19	228	48,73
	PCRFr1,5.3-7	12 x 19	228	36,29
	PCRFr1,5.3-8	12 x 19	228	33,04
	PCRFr1,5.3-9	12 x 19	228	42,44
	PCRFr1,5.3-10	12 x 19	228	58,48
	PCRFr1,5.3-11	12 x 19	228	45,34
	PCRFr1,5.3-12	12 x 19	228	30,81
	PCRFr1,5.3-13	12 x 19	228	32,79
	PCRFr1,5.3-14	12 x 19	228	42,57
		Média		
	Desvio Padrão			9,33
	Coeficiente de Variação (%)			24

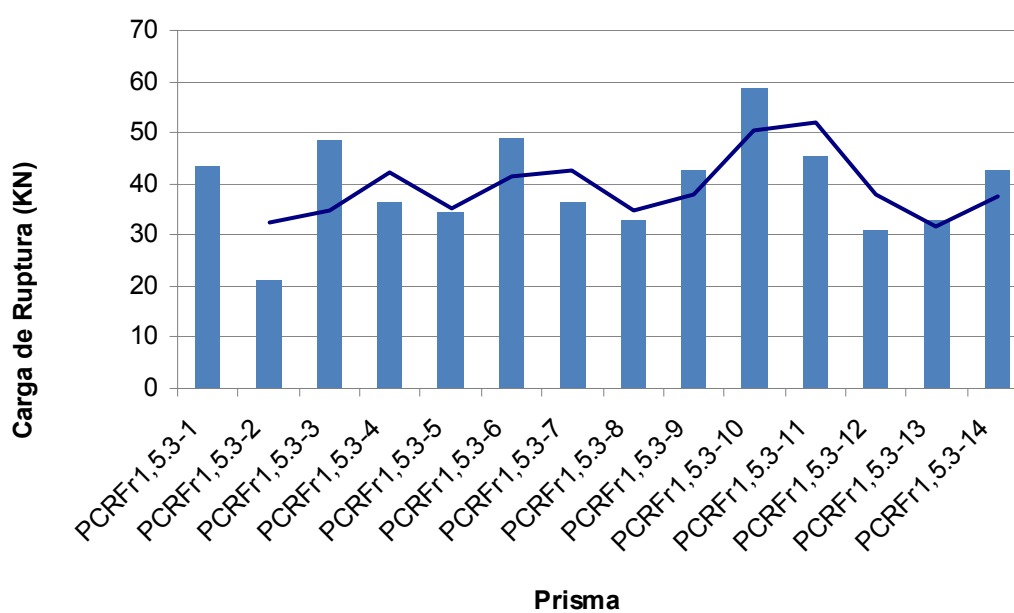


Gráfico 3.10 - Prismas com revestimento 1,5 cm e traço 1:2:9 – 3 blocos

Tabela 3.23 – Resultados dos prismas com revestimento 3cm e traço 1:2:9 – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 3cm traço 1:2:9 3 blocos	PCRFr3.3-1	15 x 19	285	26,08
	PCRFr3.3-2	15 x 19	285	51,98
	PCRFr3.3-3	15 x 19	285	37,81
	PCRFr3.3-4	15 x 19	285	57,49
	PCRFr3.3-5	15 x 19	285	42,65
	PCRFr3.3-6	15 x 19	285	56,44
	PCRFr3.3-7	15 x 19	285	35,01
	PCRFr3.3-8	15 x 19	285	31,74
	PCRFr3.3-9	15 x 19	285	55,82
	PCRFr3.3-10	15 x 19	285	43,46
	PCRFr3.3-11	15 x 19	285	48,15
	PCRFr3.3-12	15 x 19	285	37,39
	PCRFr3.3-13	15 x 19	285	58,36
	PCRFr3.3-14	15 x 19	285	48,03
		Média		
	Desvio Padrão			10,38
	Coefficiente de Variação (%)			23

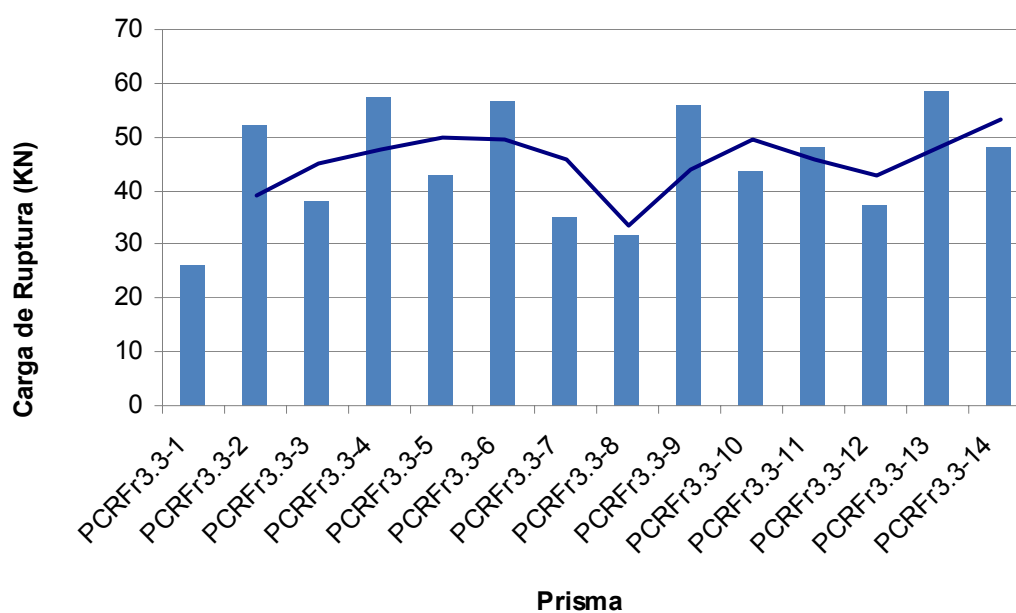


Gráfico 3.11 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:2:9 – 3 blocos

Tabela 3.24 – Resultados dos prismas com revestimento 3 cm e traço 1:1:6 – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 3cm traço 1:1:6 3 blocos	PCRM3.3-1	15 x 19	285	56,36
	PCRM3.3-2	15 x 19	285	33,76
	PCRM3.3-3	15 x 19	285	46,96
	PCRM3.3-4	15 x 19	285	47,06
	PCRM3.3-5	15 x 19	285	59,53
	PCRM3.3-6	15 x 19	285	51,01
	PCRM3.3-7	15 x 19	285	43,24
	PCRM3.3-8	15 x 19	285	67,06
	PCRM3.3-9	15 x 19	285	58,04
	PCRM3.3-10	15 x 19	285	64,68
	PCRM3.3-11	15 x 19	285	55,31
	PCRM3.3-12	15 x 19	285	48,07
	PCRM3.3-13	15 x 19	285	54,82
	PCRM3.3-14	15 x 19	285	61,47
	PCRM3.3-15	15 x 19	285	43,32
		Média		
	Desvio Padrão			9,07
	Coeficiente de Variação (%)			17

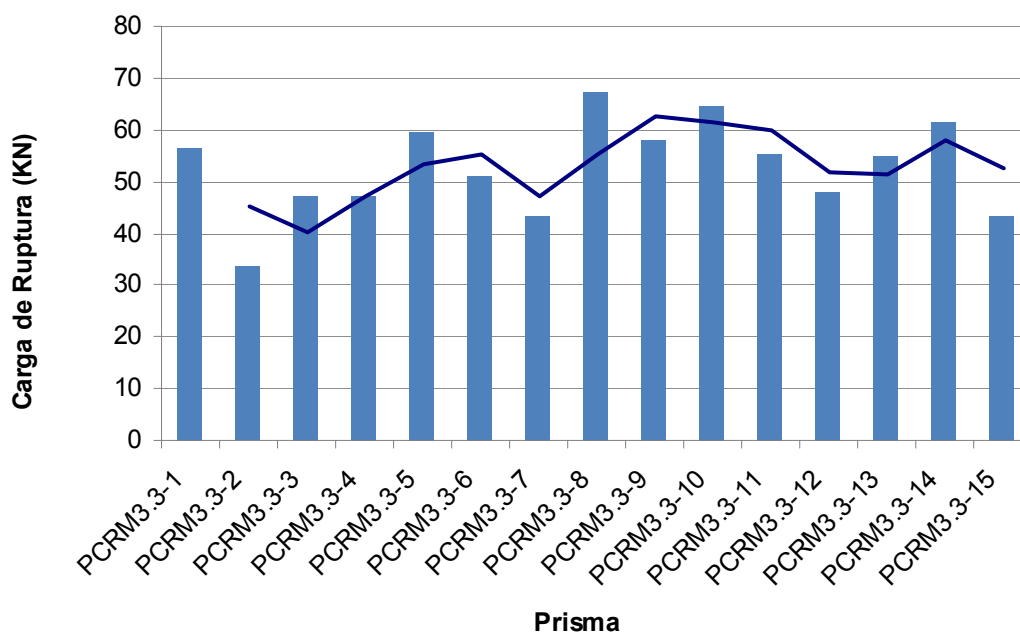


Gráfico 3.12 - Prismas com revestimento 3cm e traço 1:1:6 – 3 blocos

Tabela 3.25 – Resultados dos prismas com revestimento 3cm e traço 1:0,5:4,5 – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 3cm traço 1:0,5:4,5 - 3 blocos	PCR3.3-1	15 x 19	285	50,82
	PCR3.3-2	15 x 19	285	49,45
	PCR3.3-3	15 x 19	285	62,65
	PCR3.3-4	15 x 19	285	60,02
	PCR3.3-5	15 x 19	285	73,64
	PCR3.3-6	15 x 19	285	57,75
	PCR3.3-7	15 x 19	285	61,76
	PCR3.3-8	15 x 19	285	57,44
	PCR3.3-9	15 x 19	285	60,59
	PCR3.3-10	15 x 19	285	44,26
	PCR3.3-11	15 x 19	285	68,46
	PCR3.3-12	15 x 19	285	73,89
	PCR3.3-13	15 x 19	285	53,73
	PCR3.3-14	15 x 19	285	51,81
		Média		
	Desvio Padrão			8,81
	Coefficiente de Variação (%)			15

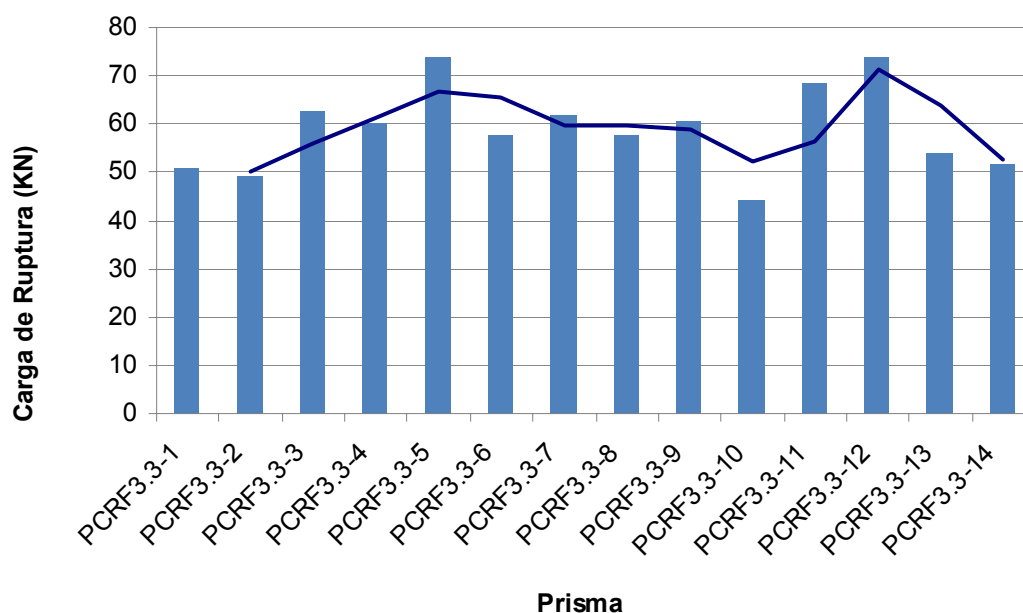


Gráfico 3.13 - Prismas com revestimento 3 cm e traço 1:0,5:4,5 – 3 blocos

Tabela 3.26 – Resultados prismas c/ revestimento 1,5 cm e traço 1:2:9 c/ reforço – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 1,5cm traço 1:2:9 com reforço - 3 blocos	PCRFr1,5.3C-1	18 x 19	342	88,47
	PCRFr1,5.3C-2	18 x 19	342	84,57
	PCRFr1,5.3C-3	18 x 19	342	103,14
	PCRFr1,5.3C-4	18 x 19	342	84,50
	PCRFr1,5.3C-5	18 x 19	342	83,64
	PCRFr1,5.3C-6	18 x 19	342	86,62
	PCRFr1,5.3C-7	18 x 19	342	98,41
	PCRFr1,5.3C-8	18 x 19	342	81,18
	PCRFr1,5.3C-9	18 x 19	342	124,36
	PCRFr1,5.3C-10	18 x 19	342	101,96
	PCRFr1,5.3C-11	18 x 19	342	113,29
	PCRFr1,5.3C-12	18 x 19	342	85,10
	PCRFr1,5.3C-13	18 x 19	342	92,71
	PCRFr1,5.3C-14	18 x 19	342	94,02
	PCRFr1,5.3C-15	18 x 19	342	95,09
	Média			94,47
	Desvio Padrão			12,17
	Coeficiente de Variação (%)			13

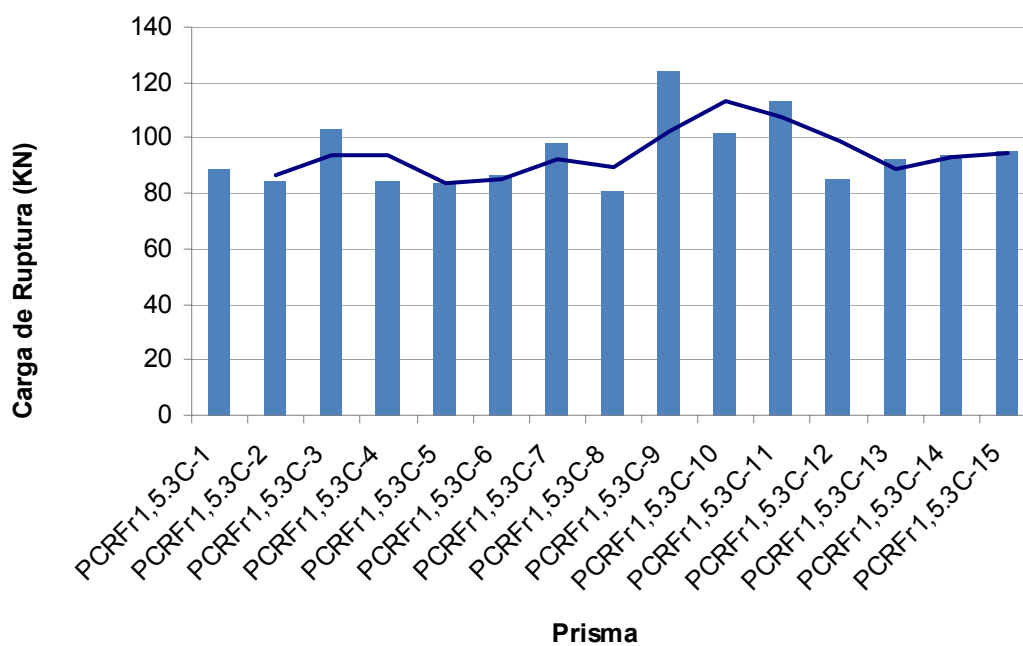


Gráfico 3.14 - Prismas com revestimento 1,5 cm e traço 1:2:9 com reforço – 3 blocos



Tabela 3.27 – Resultados prismas c/ revestimento 3 cm e traço 1:2:9 com reforço – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 3cm traço 1:2:9 com reforço - 3 blocos	PCRFr3.3C-1	21 x 19	399	103,65
	PCRFr3.3C-2	21 x 19	399	92,57
	PCRFr3.3C-3	21 x 19	399	112,08
	PCRFr3.3C-4	21 x 19	399	98,59
	PCRFr3.3C-5	21 x 19	399	99,95
	PCRFr3.3C-6	21 x 19	399	110,11
	PCRFr3.3C-7	21 x 19	399	99,82
	PCRFr3.3C-8	21 x 19	399	94,86
	PCRFr3.3C-9	21 x 19	399	81,13
	PCRFr3.3C-10	21 x 19	399	100,25
	PCRFr3.3C-11	21 x 19	399	116,76
	PCRFr3.3C-12	21 x 19	399	84,06
	PCRFr3.3C-13	21 x 19	399	113,85
	PCRFr3.3C-14	21 x 19	399	95,84
	Média			100,25
	Desvio Padrão			10,54
	Coefficiente de Variação (%)			11

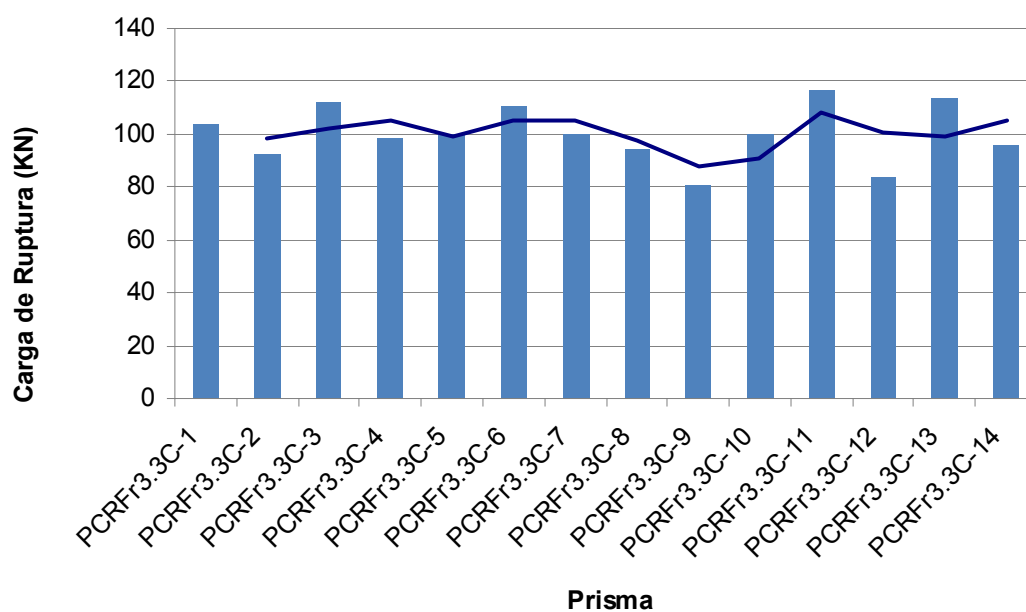


Gráfico 3.15 - Prismas com revestimento 3cm e traço 1:2:9 com reforço – 3 blocos

Tabela 3.28 – Resultados prismas com revestimento 3 cm e traço 1:1:6 com reforço – 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do prisma (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Prisma com revestimento de 3cm traço 1:1:6 com reforço - 3 blocos	PCRM3.3C-1	21 x 19	399	121,12
	PCRM3.3C-2	21 x 19	399	95,82
	PCRM3.3C-3	21 x 19	399	125,47
	PCRM3.3C-4	21 x 19	399	114,23
	PCRM3.3C-5	21 x 19	399	115,29
	PCRM3.3C-6	21 x 19	399	107,64
	PCRM3.3C-7	21 x 19	399	101,58
	PCRM3.3C-8	21 x 19	399	85,63
	PCRM3.3C-9	21 x 19	399	113,14
	PCRM3.3C-10	21 x 19	399	100,65
	PCRM3.3C-11	21 x 19	399	110,08
	PCRM3.3C-12	21 x 19	399	112,53
	PCRM3.3C-13	21 x 19	399	95,21
	PCRM3.3C-14	21 x 19	399	117,53
	PCRM3.3C-15	21 x 19	399	120,82
		Média		
	Desvio Padrão			11,23
	Coeficiente de Variação (%)			10

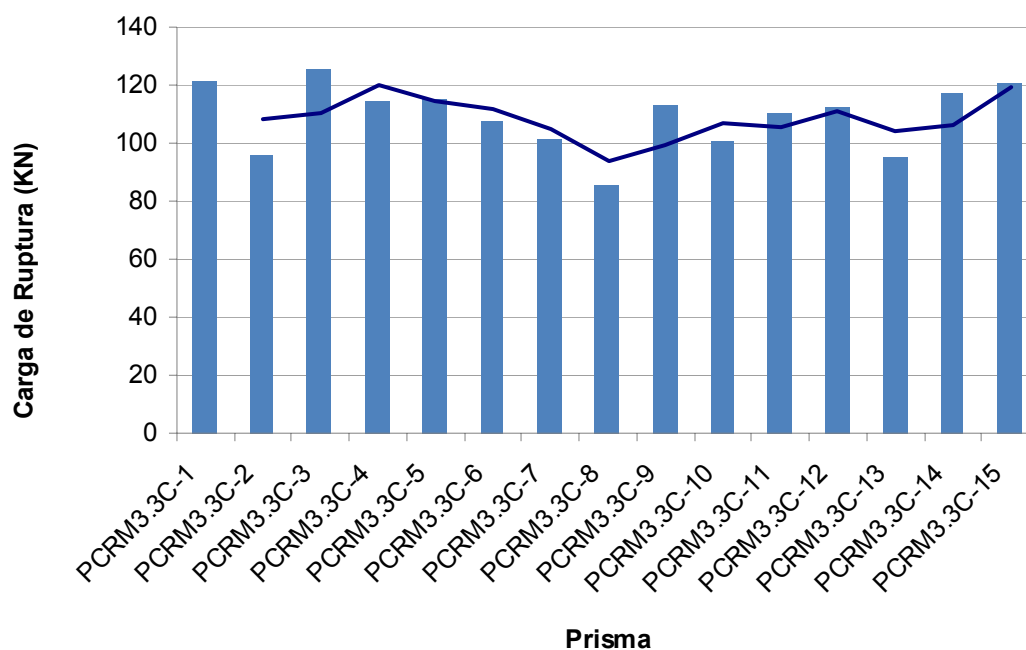


Gráfico 3.16 - Prismas com revestimento 3cm e traço 1:1:6 com reforço – 3 blocos

Tabela 3.29 - Resultados comparativos de prismas de 2 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do bloco (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Resultados dos prismas com 2 blocos	PNR.2	9 x 19	171	9,72
	PCRFr3.2	15 x 19	285	50,43
	PCRM3.2	15 x 19	285	45,47
	PCRM3.2C	21 x 19	399	120,74

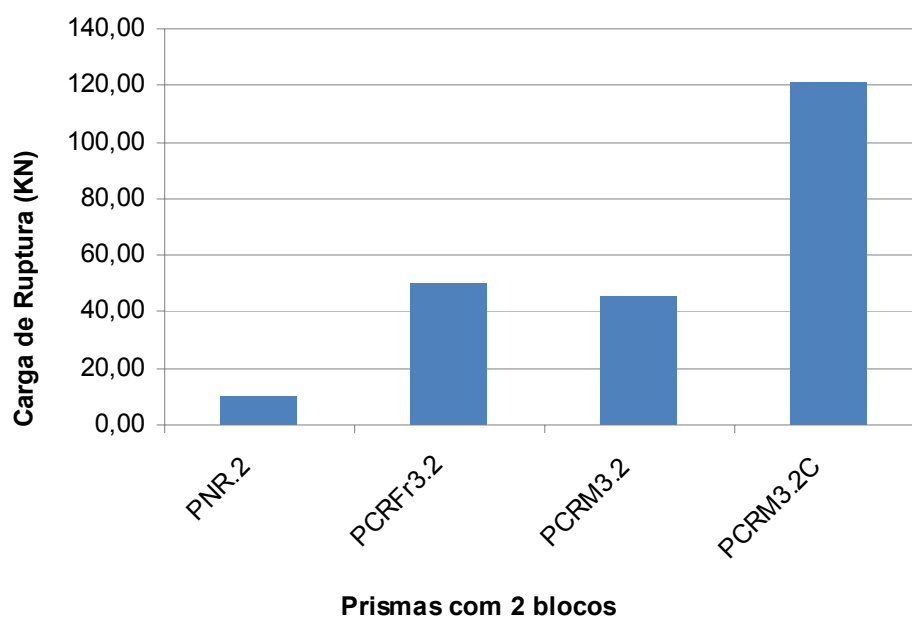


Gráfico 3.17 - Comparativo de prismas de 2 blocos

Tabela 3.30 - Resultados comparativos de prisma com 3 blocos

Tipo	Identificação	Dimensão final do bloco (cm x cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)
Resultados dos prismas com 3 blocos	PNR.3	9 x 19	171	9,49
	PC.3	10 x 19	190	18,05
	PCRFr1,5.3	12 x 19	228	39,56
	PCRFr3.3	15 x 19	285	45,03
	PCRM3.3	15 x 19	285	52,71
	PCRf3.3	15 x 19	285	59,02
	PCRFr1,5.3C	18 x 19	342	94,47
	PCRFr3.3C	21 x 19	399	100,25
	PCRM3.3C	21 x 19	399	109,12

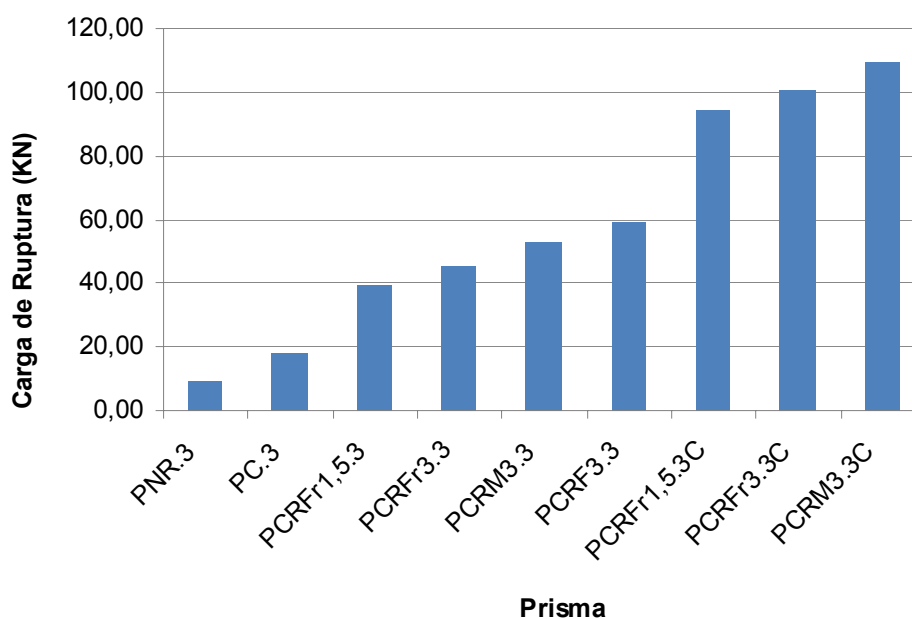


Gráfico 3.18 – Comparativos dos blocos de 3 blocos

As Tabelas 3.29 e 3.30 mostram que a carga média de ruptura dos prismas sem revestimento com dois ou três blocos não foram muito diferentes. Com efeito, para o prisma de dois blocos, a carga média de ruptura foi de 9,72 kN ao passo que para os prismas de três blocos esta carga foi de 9,49 kN, representando uma diferença de 2,4 %. O importante ressaltar que os coeficientes de variação

observados, 35% e 22%, indicam que os valores observados devem ser examinados com cautela. Adicionalmente, deve ser ressaltado que estes prismas foram ensaiados numa prensa hidráulica com capacidade de carga de 500 kN e as cargas média de ruptura obtidas se situaram abaixo da precisão da prensa, que é da ordem de 10% de sua capacidade. Não obstante estes aspectos é possível concluir que não foi observada importante diferença entre prismas de dois ou três blocos ensaiados.

Os prismas com revestimento feitos com argamassa fraca e média com 2 e 3 blocos conforme Tabelas 3.29 e 3.30 tiveram um incremento na capacidade de carga significativo chegando até ~ 420% de prismas de 2 blocos e ~ 450% de prismas de 3 blocos.

Para os prismas de 2 blocos com revestimento, foi observado que aquele confeccionado com argamassa média apresentaram menor capacidade de carga compressiva do que aquele que foi feito com argamassa fraca, muito embora a diferença não tenha superado 10%. O coeficiente de variação observado para essas duas situações foi da mesma ordem de grandeza – 27%, sendo valor este considerado alto estatisticamente, podendo explicar o resultado aparentemente inesperado.

A inconsistência observada na carga média de ruptura dos prismas de 2 blocos não foi observada nos prismas de 3 blocos. Isto pode ser justificado pelo o fato do coeficiente de variação para os prismas de 3 blocos tenha sido inferior ao de 2 blocos.

O tipo e espessura da argamassa nos prismas de 3 blocos influíram de maneira importante na capacidade de carga destes elementos. Para um mesmo traço da argamassa de revestimento (1:1:6), aumentando-se a espessura de 1,5 cm para 3 cm incrementou-se a capacidade de carga em cerca de 14 %. Ao passo que, enriquecendo o traço da argamassa (1:1:6 para 1:0.5:4,5) com a mesma espessura de 3 cm, o incremento observado foi de 31%.

Os prismas reforçados com argamassa armada de 3 cm de espessura e conectores, executada sobre argamassa existente, apresentaram significativo

aumento na capacidade de carga quando comparado com os prismas sem armação e conectores. Para os prismas de 2 blocos com argamassa média com 3 cm de espessura o aumento observado foi de 165%. Já para os prismas de 3 blocos com argamassa fraca com 1,5 cm e 3 cm de espessura este aumento foi de, respectivamente, 139% e 123%. Para os prismas de 3 blocos com argamassa com argamassa média com 3 cm de espessura foi de 107%.

As tabelas 3.31 a 3.34 apresentam comparativos entre as cargas médias de ruptura de prismas com 2, 3 blocos e paredinhas de blocos cerâmicos. Vale salientar que a área de aplicação de carga do prisma é  $19 \times 9 \text{ cm}^2$  e a da paredinha é  $59 \times 9 \text{ cm}^2$ , tendo uma relação de área paredinha/prisma de 3,105. Todos os elementos ensaiados foram confeccionados sob as mesmas condições e utilizando-se os mesmos tipos de materiais e mão-de-obra.

Tabela 3.31 – Cargas de ruptura - Prismas de 3 blocos e paredinhas

Protótipo	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos (kN)	Carga média de ruptura das paredinhas (kN)	Medidas de dispersão			
			Desvio. Padrão (kN)		Coeficiente de Variação (%)	
			Prisma	Pared.	Prisma	Pared.
Sem revestimento	9,49	56,3	2,08	8,7	22	15,4
Com chapisco	18,05	84,9	5,92	16,3	33	19,2
Revestimento 1:2:9, espessura 1,5 cm	39,58	130,4	9,33	24,4	24	18,7
Revestimento 1:2:9, espessura 3,0 cm	45,03	156,5	10,38	16,1	23	10,3
Revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm	52,71	168,3	9,07	33,3	17	19,8
Revestimento 1:0,5:4,5, espessura 3,0 cm	59,02	262,2	8,81	42,7	15	16,3
Revestimento 1:2:9, espessura 1,5 cm + revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm e tela eletrossoldada	94,47	321,0	12,17	47,7	13	14,9
Revestimento 1:2:9, espessura 3,0 cm + revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm e tela eletrossoldada	100,25	367,0	10,54	49,3	11	13,4
Revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm + revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm e tela eletrossoldada	109,11	417,1	11,22	63,0	10	15,1

Tabela 3.32 - Cargas de ruptura prismas 2 blocos / paredinhas

Protótipo	Carga média de ruptura dos prismas com 2 blocos (kN)	Carga média de ruptura das paredinhas (kN)	Medidas de dispersão			
			Desvio. Padrão (kN)		Coeficiente de Variação (%)	
			Prisma	Paredinha	Prisma	Paredinha
Sem revestimento	9,72	56,3	3,38	8,7	35	15,4
Revestimento 1:2:9, espessura 3,0 cm	50,43	156,5	13,61	16,1	27	10,3
Revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm	45,47	168,3	12,20	33,3	27	19,8
Revestimento 1:1:6, espessura 3,0cm + revestimento 1:1:6, espessura 3,0 cm e tela eletrossoldada	120,73	417,1	16,89	63,0	14	15,1

Tabela 3.33 - Relações de carga dos prismas

Tipologias	Relação de carga - Prisma 3 blocos/Paredinhas (1)	Relação de área x (1)	Relação de carga - Prisma 2 blocos/Paredinhas (2)	Relação de área x (2)	Relação de carga - Prisma 3 blocos/Prisma 2 blocos
Prisma sem revestimento	0,17	0,53	0,17	0,53	0,98
Prisma Chapiscado	0,21	0,65	X	X	X
Prisma com argamassa 1,5 cm e traço 1:2:9	0,30	0,93	X	X	X
Prisma com argamassa 3,0 cm e traço 1:2:9	0,29	0,90	0,32	0,99	0,89
Prisma com argamassa 3,0 cm e traço 1:1:6	0,31	0,96	0,27	0,84	1,16
Prisma com argamassa 3,0 cm e traço 1:0,5:4,5	0,23	0,71	X	X	X
Prisma com argamassa 1,5 cm e traço 1:2:9 e Ref.	0,29	0,90	X	X	X
Prisma com argamassa 3,0 cm e traço 1:2:9 e Ref.	0,27	0,84	X	X	X
Prisma com argamassa 3,0 cm e traço 1:1:6 e Ref.	0,26	0,81	0,29	0,90	0,90
Media	0,26	0,81	0,26	0,81	0,98
Desvio Padrão	0,05	0,16	0,06	0,19	0,12
COV (%)	19	19	24	24	13

Os coeficientes de variação da carga de ruptura dos prismas e das paredinhas reforçados com argamassa armada foram próximos e relativamente baixos, mostrando uma maior uniformidade da carga última. Este fato pode ser explicado devido à presença das malhas de aço intertravadas por conectores no interior das argamassas.

De acordo com a NBR 10837:2000 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – procedimento, o cálculo para a carga admissível da parede de alvenaria é:

$$P_{alv} = 0,20 \times P_{up} \left[ 1 - \left( \frac{h}{40 \times t} \right)^3 \right] \quad \text{Equação 3.8}$$

Sendo:

$P_{up}$  = Carga de ruptura do prisma

$h$  = altura do prisma

$t$  = espessura do prisma

Para se obter uma relação  $P_{prisma}/P_{paredinha}$ , não levando em consideração o coeficiente de segurança e tendo em vista a relação do comprimento da paredinha/prisma de  $59/19 = 3,105$ :

$$P_{paredinha} = P_{prisma} \times 3,105 \times \left( 1 - \left( \frac{120}{(40 \times 9)} \right)^3 \right)$$

$$P_{prisma}/P_{paredinha} = 0,334$$

Por outro lado obteve-se experimentalmente uma relação de carga média dos prismas de dois e três blocos quando comparada com os resultados de paredinhas sendo da mesma ordem de grandeza: 0,26. Esse comportamento mostra que não ocorreu diferença significativa na relação de prismas de 2 ou 3 blocos com paredinhas.

Os coeficientes de variação da carga de ruptura dos prismas e das paredinhas reforçados com argamassa armada foram próximos e relativamente baixos, mostrando uma maior uniformidade da carga última. Este fato pode ser



explicado devido à presença das malhas de aço intertravadas por conectores no interior das argamassas.

A Figura 3.41 a seguir exemplifica o tipo usual de ruptura observada, que foi brusca.



Figura 3.41 - Ruptura do prisma 2 blocos sem revestimento

A Figura 3.42 e a Figura 3.43 mostram que as rupturas dos prismas com revestimento têm início nos septos, transferindo para capa de revestimento, onde rompe por cisalhamento e é do tipo brusca.



Figura 3.42 - Ruptura do prisma 2 blocos traço 1:2:9 revestimento 3 cm



Figura 3.43 - Ruptura do prisma 2 blocos traço 1:1:6 revestimento 3 cm

A Figura 3.44 mostra que após o reforço a ruptura do prisma continua transferindo dos septos para a primeira camada de revestimento e depois para a segunda camada e a ruptura deixa de ser menos explosiva, continuando a ser brusca.

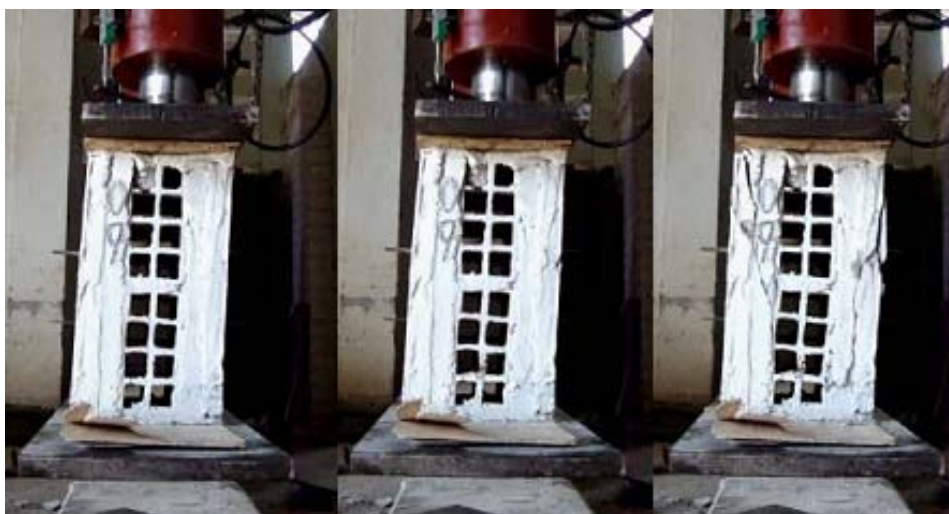


Figura 3.44 - Ruptura do prisma 2 blocos traço 1:1:6 revestimento 3cm com reforço

A Figura 3.45 e a Figura 3.46 mostram que os prismas revestidos têm o mesmo comportamento de ruptura dos prismas de 2 blocos.

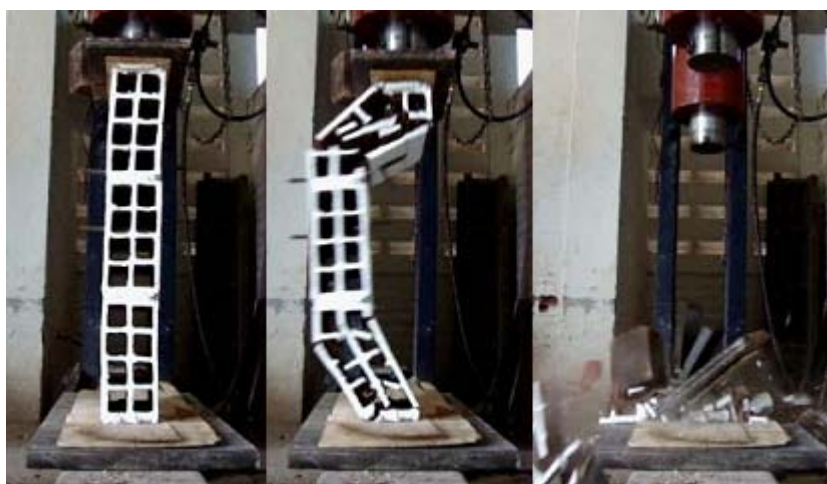


Figura 3.45 - Ruptura do prisma sem revestimento

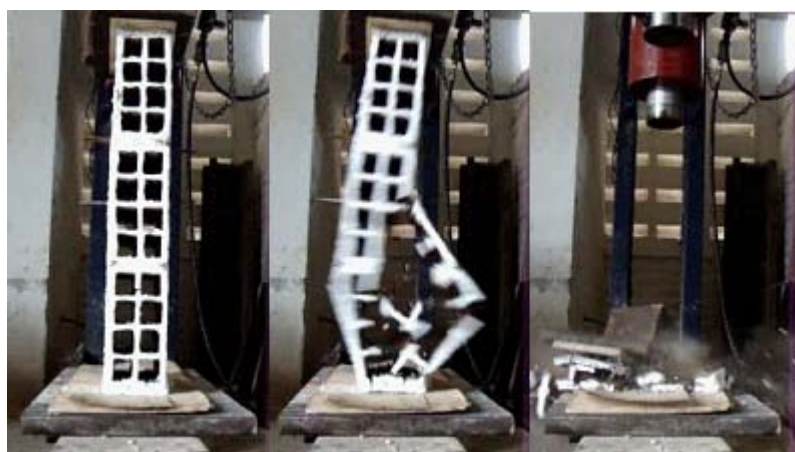


Figura 3.46 - Ruptura do prisma chapiscado

Da Figura 3.47 a Figura 3.49 observamos que os prismas têm o mesmo tipo de ruptura dos prismas de 2 blocos.



Figura 3.47 - Ruptura do prisma traço 1:2:9 revestimento 3 cm

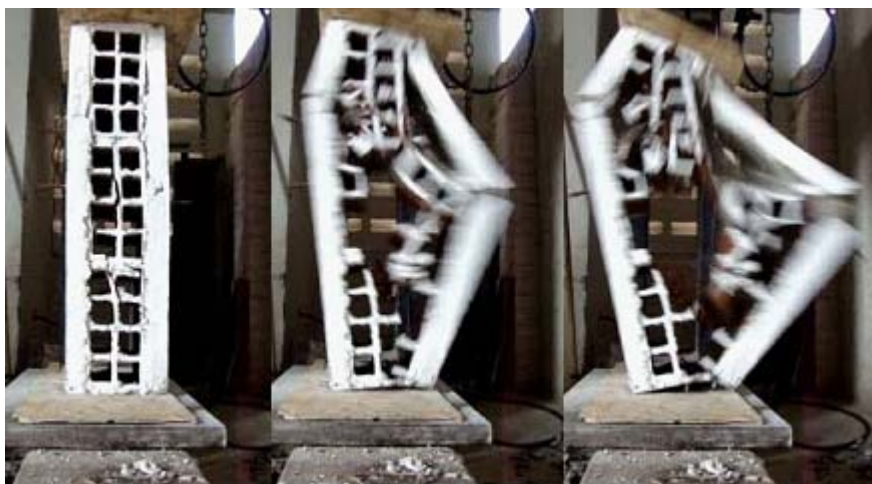


Figura 3.48 - Ruptura do prisma traço 1:1:6 revestimento 3,0cm



Figura 3.49 - Ruptura do prisma traço 1:0,5:4,5 revestimento 3,0 cm

Da Figura 3.50 a Figura 3.52 percebemos que a forma de ruptura dos prismas foi de maneira similar aos prismas de dois blocos, com a ruptura do prisma transferindo-se dos septos para a primeira camada de revestimento e depois para a segunda camada, deixando de ser menos explosiva a ruptura, porém continuando a ser brusca.



Figura 3.50 - Ruptura do prisma traço 1:2:9 revestimento 1,5cm com reforço

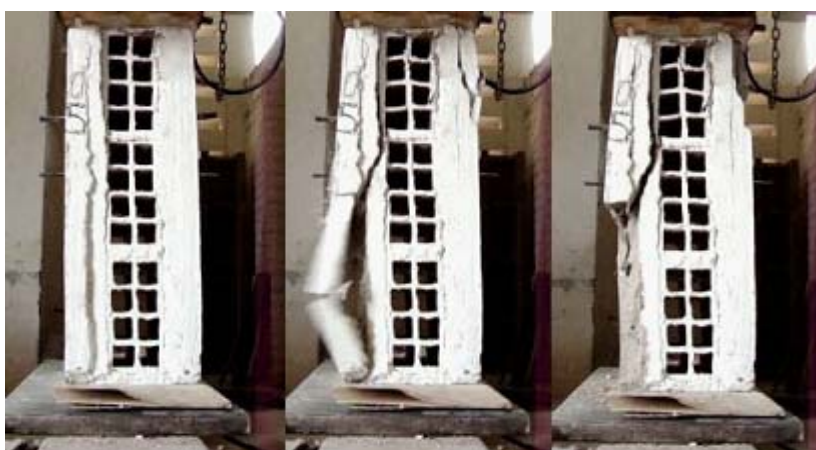


Figura 3.51 - Ruptura do prisma traço 1:2:9 revestimento 3 cm com reforço



Figura 3.52 - Ruptura do prisma traço 1:1:6 revestimento 3,0 cm com reforço

### 3.9 Gráfico carga x deslocamento

O Gráfico 3.18 e o Gráfico 3.19 sintetizam os deslocamentos médios observados durante a aplicação de carga nos prismas de dois e de três blocos respectivamente. No apêndice pode ser observado os resultados individuais dos deslocamentos de cada tipo de prisma ensaiado nesta pesquisa.

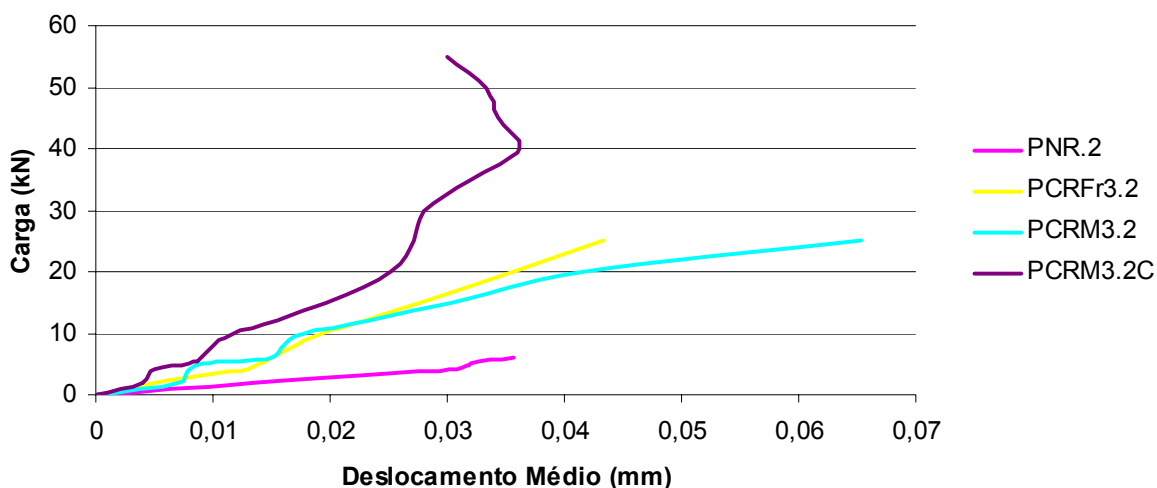


Gráfico 3.18 - Carga x Deslocamento dos prismas de 2 blocos

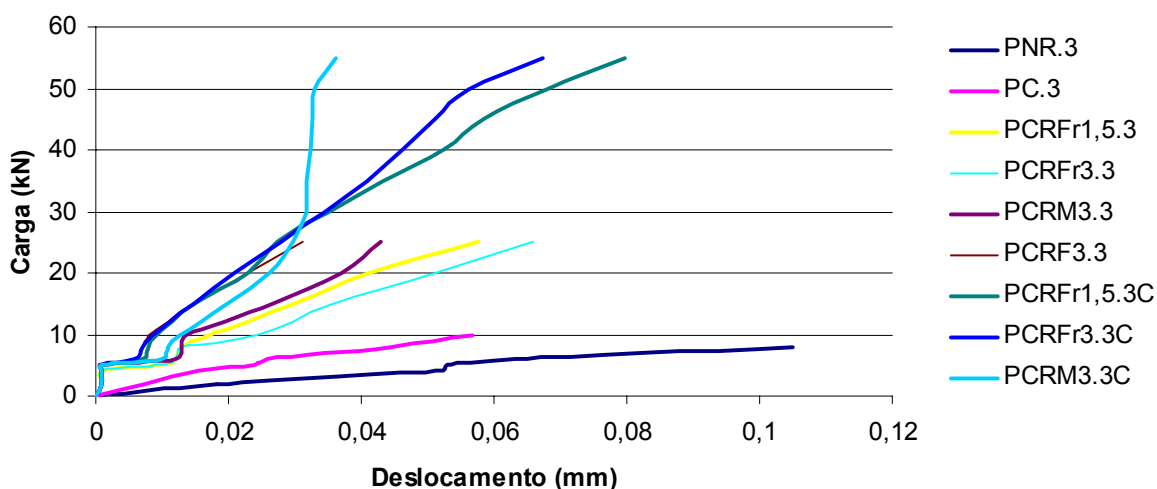


Gráfico 3.19 - Carga x Deslocamento dos prismas de 3 blocos

Analisando os gráficos, nos prismas de 2 e 3 blocos sem revestimento foi observado que a rigidez foi inferior aos demais prismas estudados. Em termo de comportamento global não foi observado diferença significativa de comportamento dos prismas feitos com argamassa forte e fraca, tanto com 2 e 3 blocos e que para os prismas reforçado foi superior para aos demais prismas estudados, aspectos que sugere a importância do reforço realizado.

## 4 Conclusões

As seguintes conclusões podem ser extraídas dos resultados expostos:

Prismas com 2 blocos:

- Foi observado nos ensaios realizados que os revestimentos contribuíram para aumentar a capacidade de carga vertical dos elementos de alvenaria resistente estudados;
- Vários tipos de ruptura foram observados nos prismas, não sendo possível eleger uma forma de ruptura típica. Por outro lado, foram frequentes as rupturas por destacamento lateral da capa de revestimento;
- O incremento de carga referente ao reforço dos prismas com revestimento foi de 165%;
- A relação entre as cargas máximas de ruptura das paredinhas e prismas foi de 0.81.

Prisma com 3 blocos

- A capa de revestimento aplicada sobre as paredes dos prismas contribuiu para aumentar a capacidade de carga vertical dos elementos de alvenaria resistente estudados;
- Os prismas apresentam um incremento de carga de ruptura superior a 210% referentes à aplicação de uma camada dupla de argamassa armada com malha de aço;
- A relação média das cargas máximas de ruptura das paredinhas e prismas foi de 0,81;
- A relação das cargas médias máximas dos prismas de 2 blocos para os de 3 blocos foi  $\sim 1$ , mostrando serem equivalentes.



## REFERÊNCIAS

ANDRADE, S.T. **A Influência das características do revestimento na resistência à compressão de paredinhas de alvenaria de blocos cerâmicos de vedação.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, (2007): pgs. 90

ARAÚJO NETO, G. N de. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto.** Dissertação (Mestrado), Universidade Católica de Pernambuco, 2006 pgs 72.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM45.** Agregados - determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBRNM46.** Agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem, Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBRNM52.** Agregado miúdo - determinação de massa específica e massa específica aparente, Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBRNM248.** Agregados - determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 6467.** Agregados - determinação do inchamento de agregado miúdo - método de ensaio, Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211.** Agregados para concreto – especificação, Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215.** Cimento portland – determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 7218.** Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis, Rio de Janeiro, 2010

\_\_\_\_\_. **NBR 7222.** Argamassa e concreto – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 8949.** Paredes de alvenaria estrutural: ensaio à compressão simples, Rio de Janeiro, 1985.

\_\_\_\_\_. **NBR 10837.** Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - procedimento, Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1.** Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação e estrutural – terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3**. Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação e estrutural – métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2005

MOTA, J.M. de F. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão axial em prismas de alvenaria resistente de blocos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco (2006), pgs 128.

OLIVEIRA, F. L.; HANAI, João Bento de. **Análise do comportamento de paredes de alvenaria constituídas com blocos cerâmicos de vedação**. In: 7º INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 2002, Belo Horizonte. CEFET-MG. 2002. p. 399-408.

OLIVEIRA, R. A. & AZEVEDO, A. A. C. **Influência da argamassa de revestimento com saibro na resistência a compressão axial de alvenaria resistente de blocos cerâmicos**. Trabalho de pesquisa, Universidade Católica de Pernambuco. Inédito, Recife, 2006.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, F. A. N.; SOBRINHO C. W. P. **Edifícios Construídos com Alvenaria Resistente em Pernambuco - Situação Atual e Perspectivas Futuras**. In: Bernardo Silva Monteiro e José Afonso P. Vítório. (Org.). O SINAENCO-PE e a Produção do Conhecimento - Coletânea de Artigos Técnicos. 1 ed. Recife: , 2008, v. 1, p. 233-263

OLIVEIRA, R. A.; SOBRINHO, C. W. A. **Acidentes com prédios em alvenaria resistente na região metropolitana do Recife**. in: DAMSTRUC, (2005): pp 285-292, João Pessoa: JP (BR).

SILVA. F. A. N.; OLIVEIRA, R. O. ; PIRES SOBRINHO, C.W.A. **Influência do Revestimento na Resistência de Paredes de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos** in: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENIERIA ESTRUCTURAL (2008): Santiago, Chile.

## APÊNDICE

- Deformações

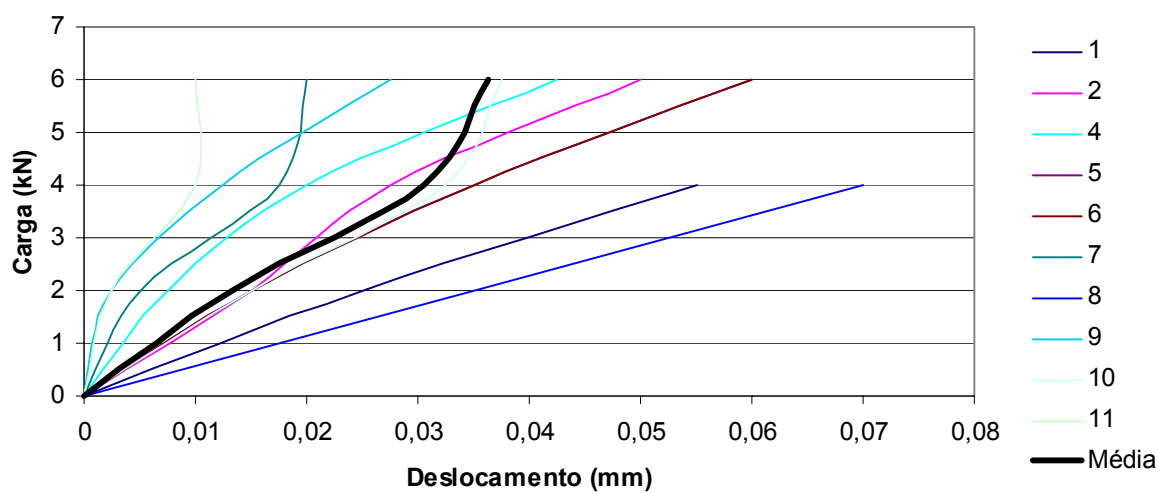


Gráfico 4.1 Deslocamento prisma sem revestimento - 2 blocos

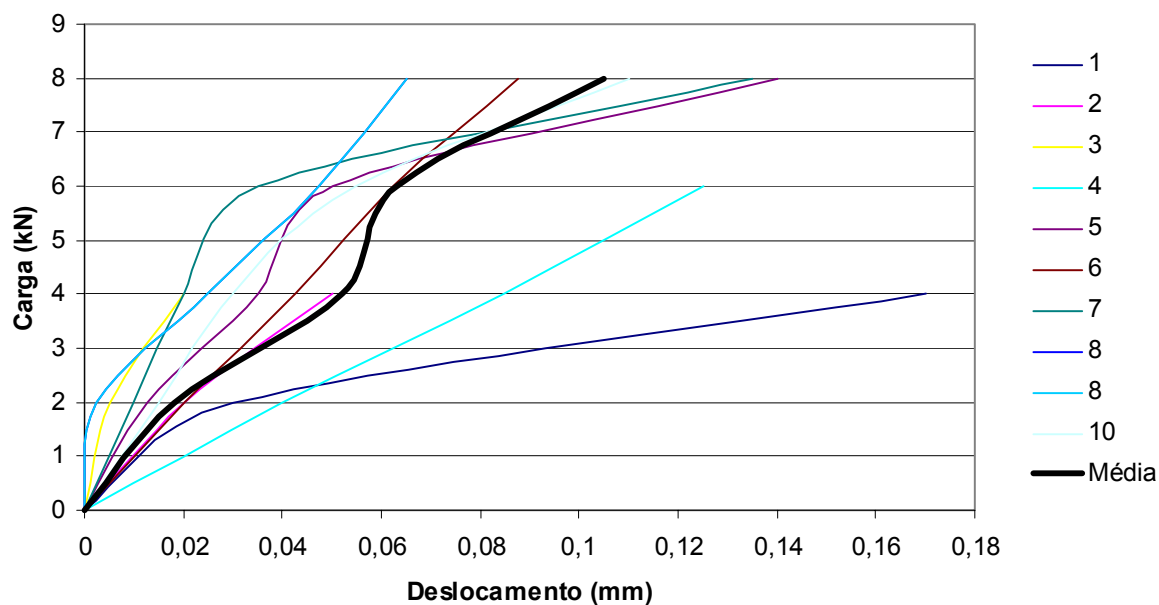


Gráfico 4.2 - Deslocamento prisma sem revestimento - 3 blocos

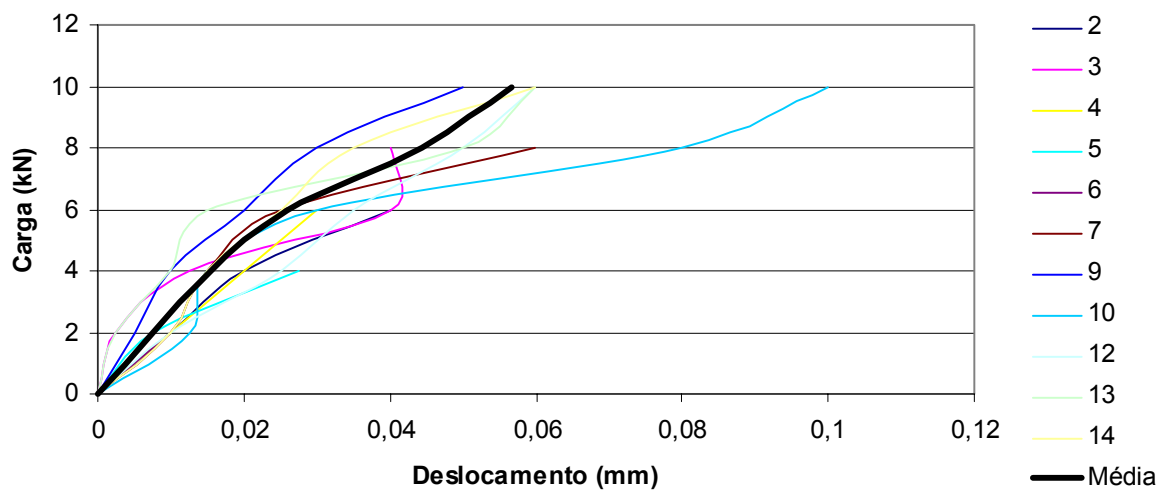


Gráfico 4.3 - Deslocamento prisma chapiscado - 3 blocos

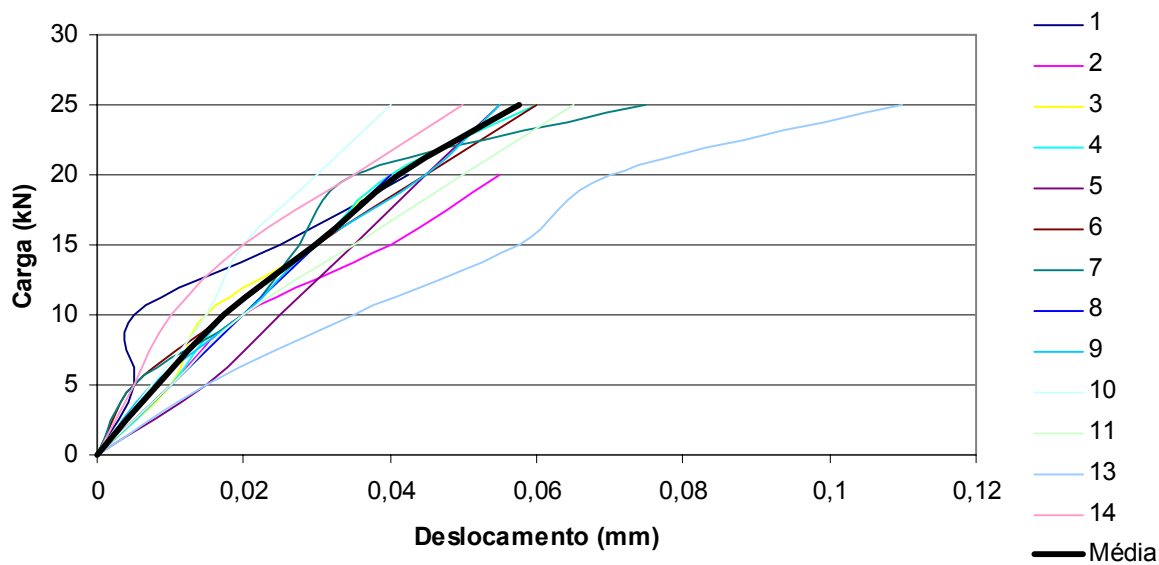


Gráfico 4.4 - Deslocamento prisma c/ revest. 1,5cm traço 1:2:9 - 3 blocos

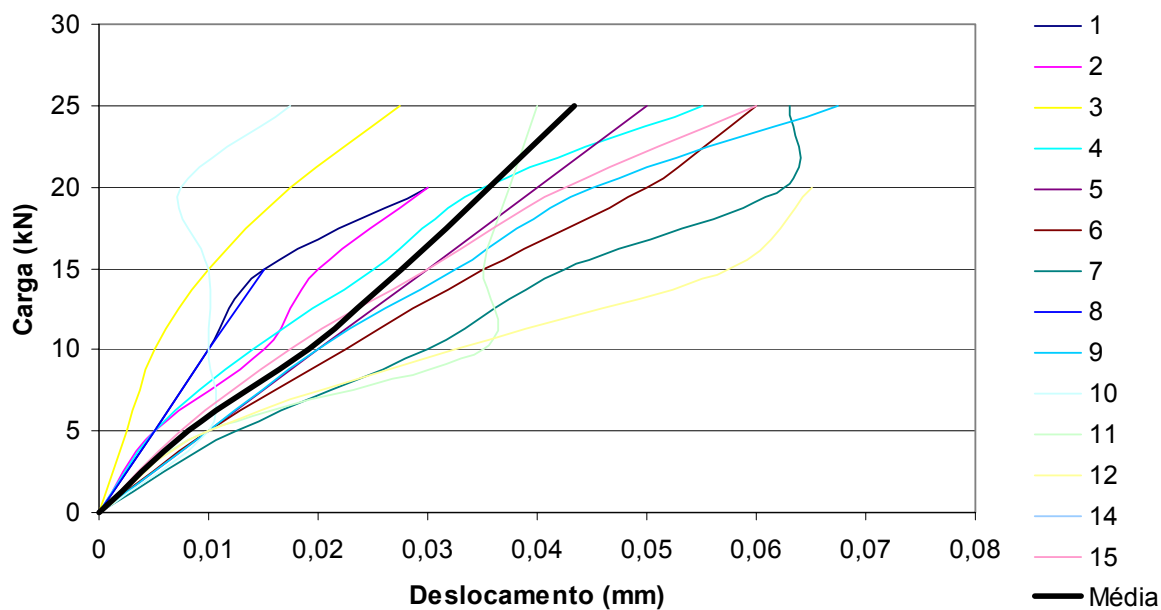


Gráfico 4.5 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:2:9 - 2 blocos

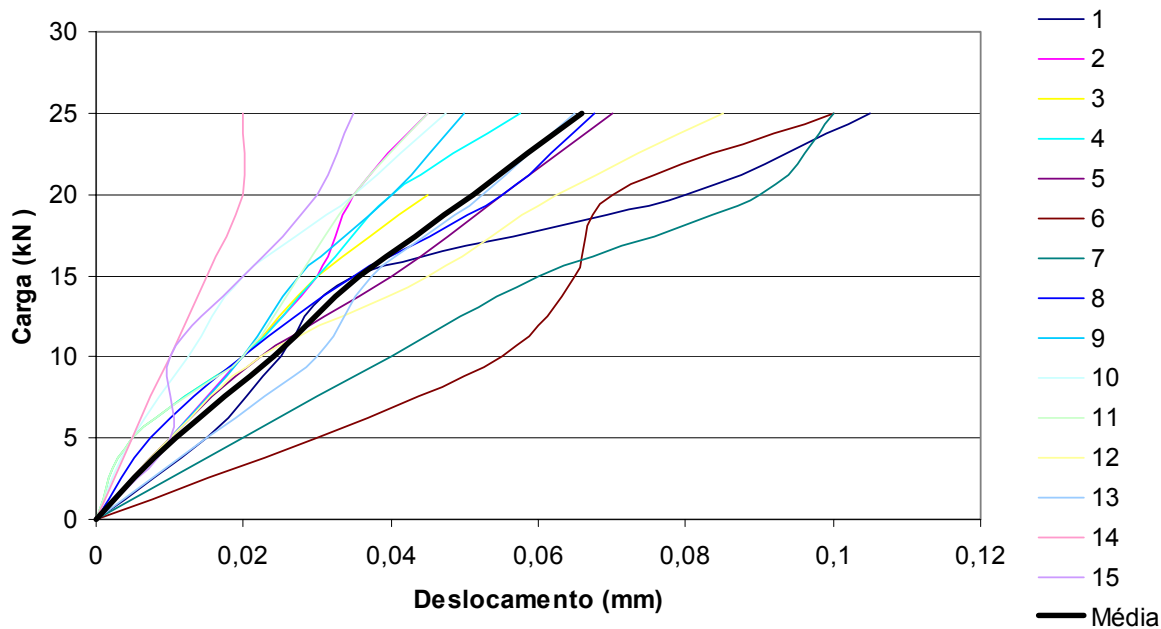


Gráfico 4.6 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:2:9 - 3 blocos

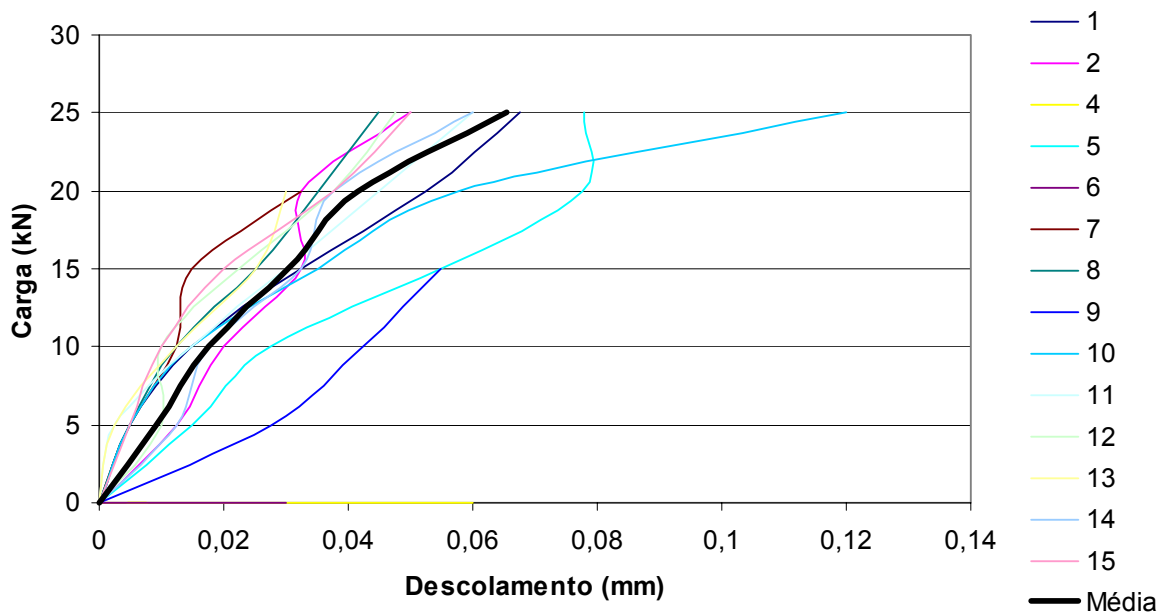


Gráfico 4.7 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:1:6 - 2 blocos

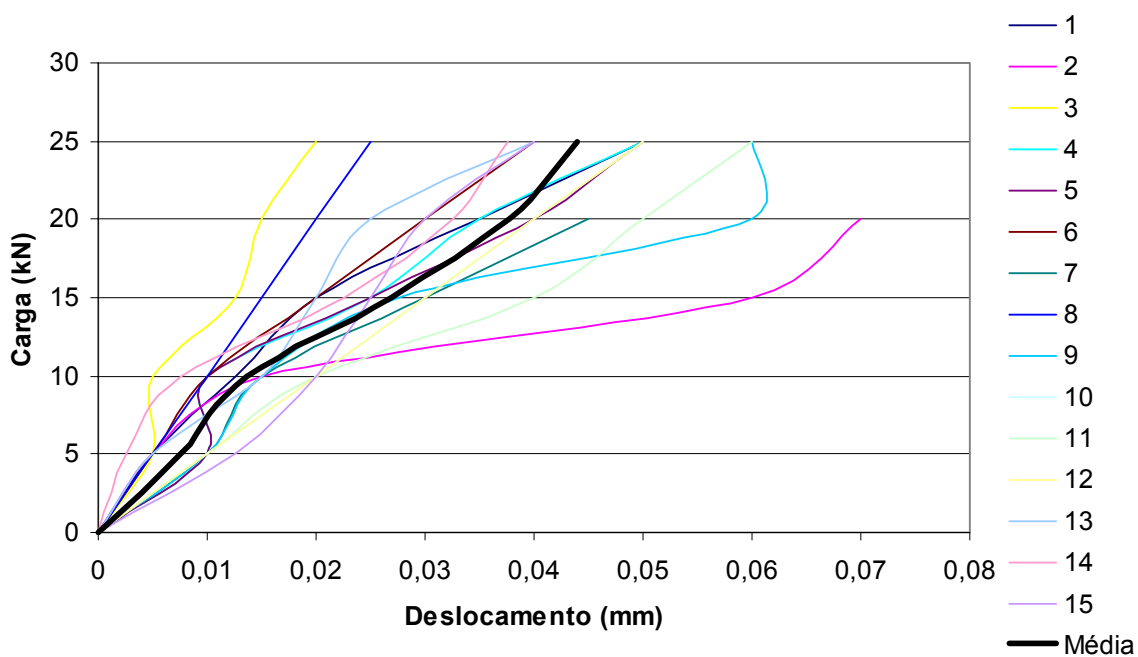


Gráfico 4.8 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:1:6 - 3 blocos

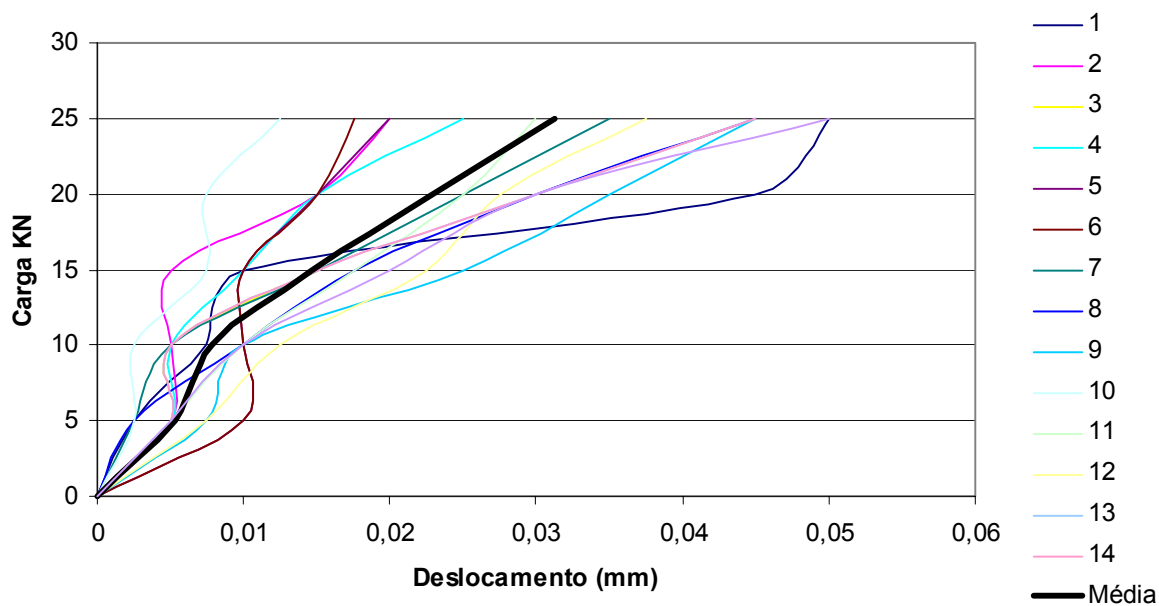


Gráfico 4.9 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:0,5:4,5 - 3 blocos

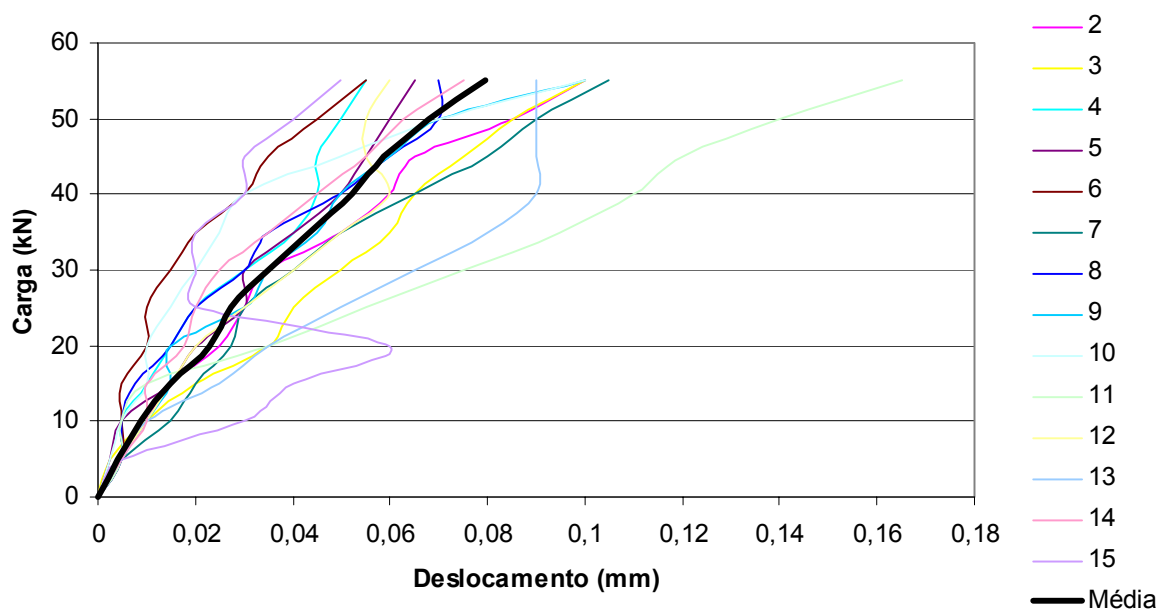


Gráfico 4.10 - Deslocamento prisma c/ revest. 1,5cm traço 1:2:9 com reforço - 3 blocos

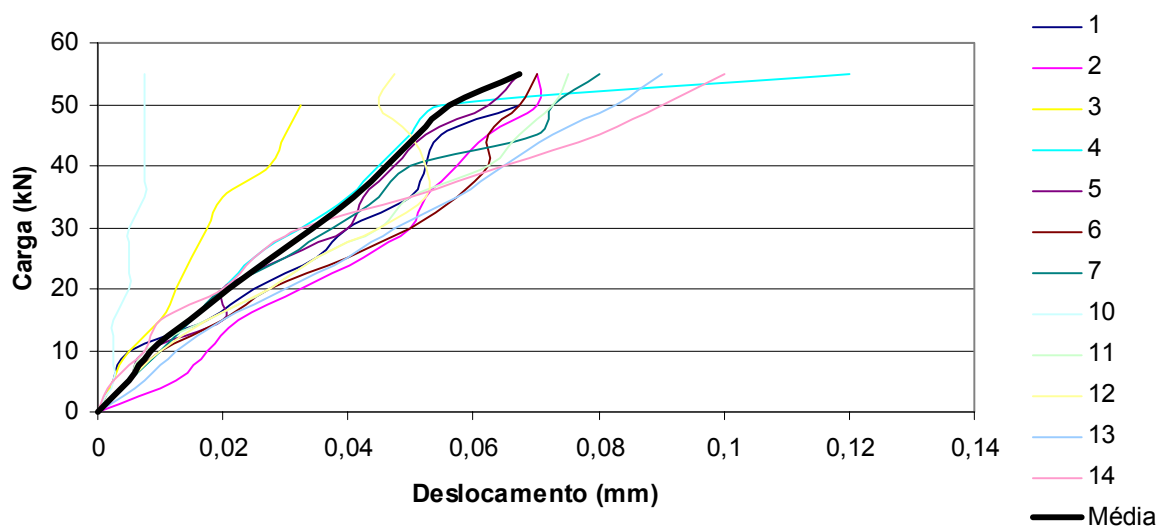


Gráfico 4.11 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:2:9 com reforço - 3 blocos

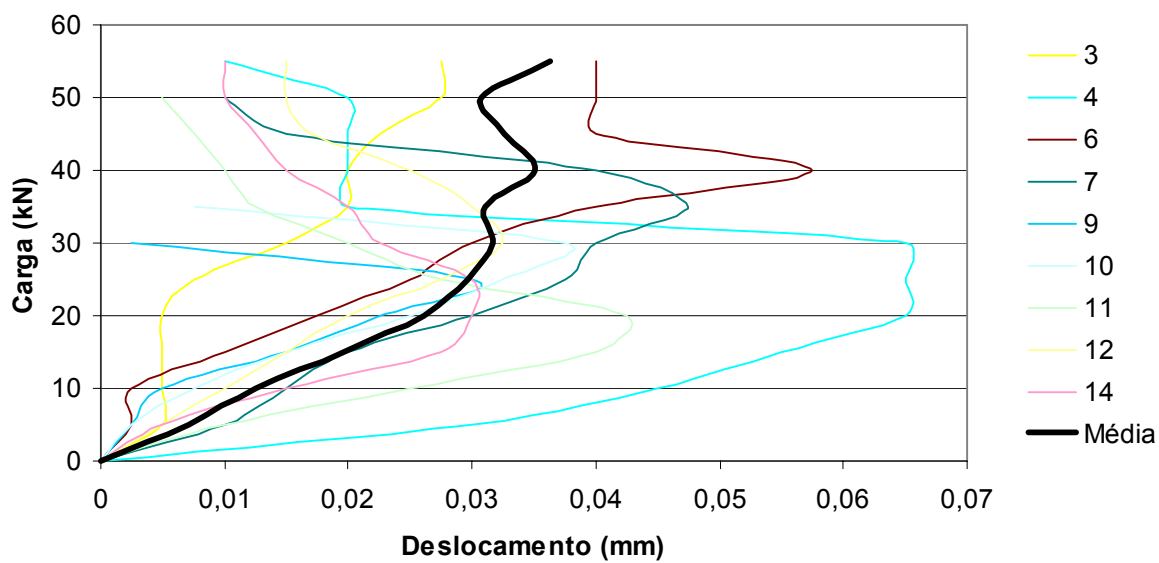


Gráfico 4.12 - Deslocamento prisma c/ revest. 3cm traço 1:1:6 com reforço - 3 blocos



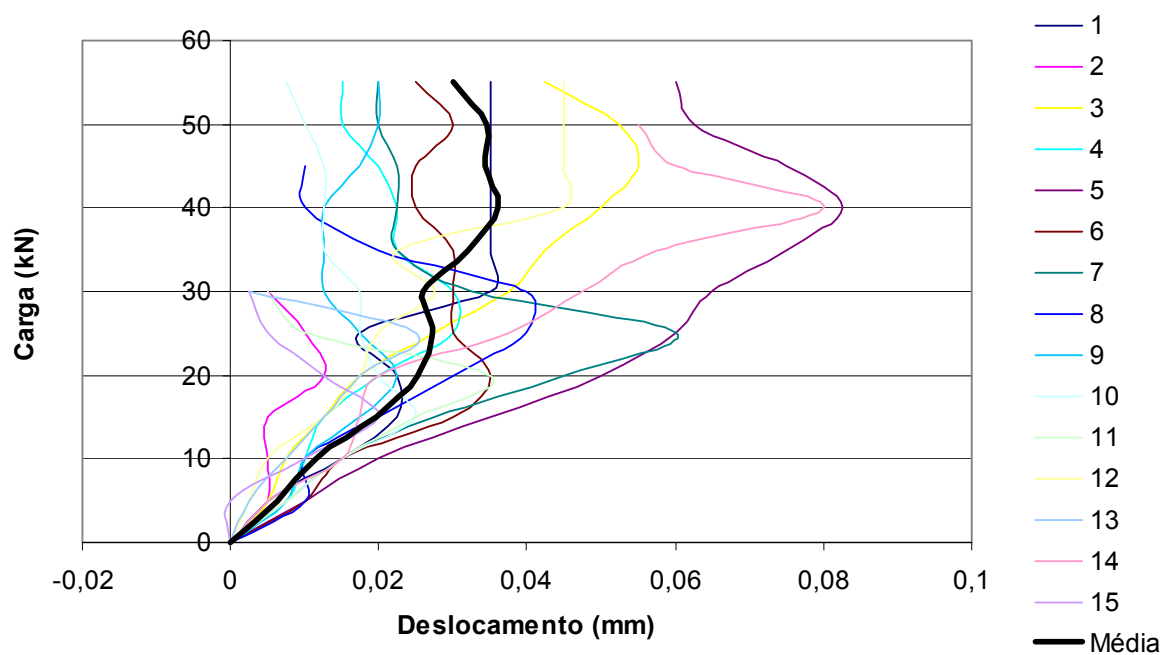


Gráfico 4.13 - Deformação prisma c/ revest. 3cm traço 1:1:6 com reforço - 2 blocos